

Samu Kuru

Tilavuuden laskentaohje Stara Geopalvelun Itäiselle mittaukselle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikan tutkinto-ohjelma

Insinööritoimisto

22.5.2014

<p>Tekijä Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Samu Kuru Tilavuuden laskentaohje, Stara Geopalvelun Itäiselle mittaukselle</p> <p>14 sivua + 1 liite, 33 sivua 22.5.2014</p>
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	lehtori Jussi Laari palvelupäällikkö Petri Lahti
<p>Kunnallisteknisen rakentamisen ja kunnostustöiden seurauksena Helsingin alueella tapahtuu kallioulouhintaa. Kallioulouhinnan dokumentointi ja tilavuuksien laskenta on yksi Stara Geopalvelun mittausosastojen työtehtävistä. Tilavuuksien laskemiselle ei ole kuitenkaan olemassa selkeää ohjetta, jonka avulla laskennan suorittaminen helpottuisi.</p> <p>Tämän insinööritöön tarkoituksena oli luoda ohje tilavuuden laskentaa helpottamaan. Ohjeessa käytetään MicroStation-ohjelmaa sekä Terrasolidin sovelluksia. Ohjeessa sivutaan myös muita mittaustyön kannalta oleellisia toimintoja kyseisellä ohjelmalla ja sovelluksilla.</p> <p>Lähtökohtana oli, että ohje olisi helppolukuinen ja vaivattomasti etenevä apu arkipäivän työtehtävissä. Ohjeen avulla on myös helppo perehdyttää uusia työntekijöitä ja harjoittelijoita maanmittauksen välillä haastaviin työtehtäviin.</p> <p>Tässä insinööritöössä käydään läpi ohjeessa esiintyvää ohjelmaa ja siinä käytettäviä sovelluksia sekä syitä ohjeen tarpeellisuuteen.</p>	
Avainsanat	MicroStation, tilavuus, laskenta

Author Title	Samu Kuru Volume calculation guide for Stara Geopalvelu
Number of Pages Date	14 pages + 1 appendices 33 pages 22 May 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Jussi Laari, Senior Lecturer Petri Lahti, Service Manager
<p>As a result of infrastructural construction and renovation, the amount of mining in the area of the City of Helsinki had increased and the need for documentation and calculation of volumes of the city's measurement departments had gone up. However, no clear guide for these calculations was available. Therefore, this final year project aimed at creating a guide to facilitate the calculation of volumes. The project aimed at an easy-to-follow guide that would be easy-to-use in the daily tasks. Furthermore, the guide would be useful in the briefing of the new employees and trainees.</p> <p>The guide was created with computer programs such as MicroStation and Terrasolid. In addition to the use of these programs for the calculation of volumes, also other functions of land surveying were touched in the guide.</p> <p>The first version of the guide was tested with a few colleagues and it was improved on the basis of the received feedback. Once the guide is brought into use, more detailed instructions can be added to it. After the possible improvements, the employees should be able to accomplish the volume calculations independently and more efficiently.</p>	
Keywords	MicroStation, volume, calculation

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Helsingin kaupungin rakentamispalvelu Stara	1
2.1	Staran organisaatio	1
2.2	Geopalvelu	2
2.3	Mittausosasto	3
3	Kunnallistekninen rakentaminen Helsingissä	3
3.1	Rakentajana Stara	3
3.2	Louhinta kunnallisteknisessä rakennustoiminnassa	4
4	Tilavuuden laskenta	4
4.1	Tilavuuskäsitteet	4
4.2	Tilavuuden laskenta Stara Geopalvelu Mittaus	5
5	Käytettävät laskentaohjelmistot	6
5.1	MicroStation	6
5.2	MicroStation V8i	8
5.3	TerraSolid	8
5.3.1	TerraSurvey	9
5.3.2	TerraModeler	10
5.3.3	TerraStreet	11
6	Laskentaprosessi	12
7	Yhteenveto	13
	Lähteet	14
	Liitteet	
	Liite 1. Tilavuuden laskentaohje	

Lyhenteet ja termit

Cad	Computer-Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu.
Gps	Global Positioning System, globaali paikallistamisjärjestelmä
referenssi	Vain lukumuodossa oleva kuva, taustalla oleva kuva .
vektori	Tietyn suunnan ja matkan omaava kappale.

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoituksena on laatia tilavuuden laskentaohje Stara Geopalvelun Itäisen mittauspiirin käyttöön. Ohjeessa käytettävänä ohjelmistona toimivat Bentley'n MicroStation V8i sekä Terrasolidin sovellukset TerraSurvey, TerraModeler sekä TerraStreet.

Insinööriyössä esitellään ytimekkäästi myös kohdeorganisaatio sekä ohjeessa käytettävät ohjelmat ja sovellukset. Työssä sivutaan myös kunnallisteknistä rakentamista, jonka seurauksena ohjeessa käsiteltäviä louhintatilavuuksia lasketaan.

Ohje tulee päivittääseen käyttöön mittauksen työntekijöille ja tulee tarpeeseen, koska tällaista, useita eri sovelluksia kattavaa ohjetta, ei ole ollut mistään saatavilla. Ohjeen avulla on myös helppo perehdyttää uusia työntekijöitä sen sisältämien perustietojen ansiosta. Esimerkiksi mittaustiedostojen purkaminen sekä pintamallin tekeminen tulee sisältymään ohjeeseen.

Ohjeessa käydään läpi kaikki työvaiheet mittauksen purkamisesta aina tilavuuden laskentaan asti. Näiden välille mahtuu joukko työvaiheita, joiden avulla esimerkiksi maastoon merkintä helpottuu ja suunnitelmien tasojen hallinta parantuu.

Ihan kuka tahansa ei tämän ohjeen avulla pysty tilavuuden laskentaa tekemään. Ohjeen seuraaminen vaatii käyttökokemuksia niin MicroStationista kuin Terrasovelluksista sekä hyvää suunnitelmien tulkintakykyä.

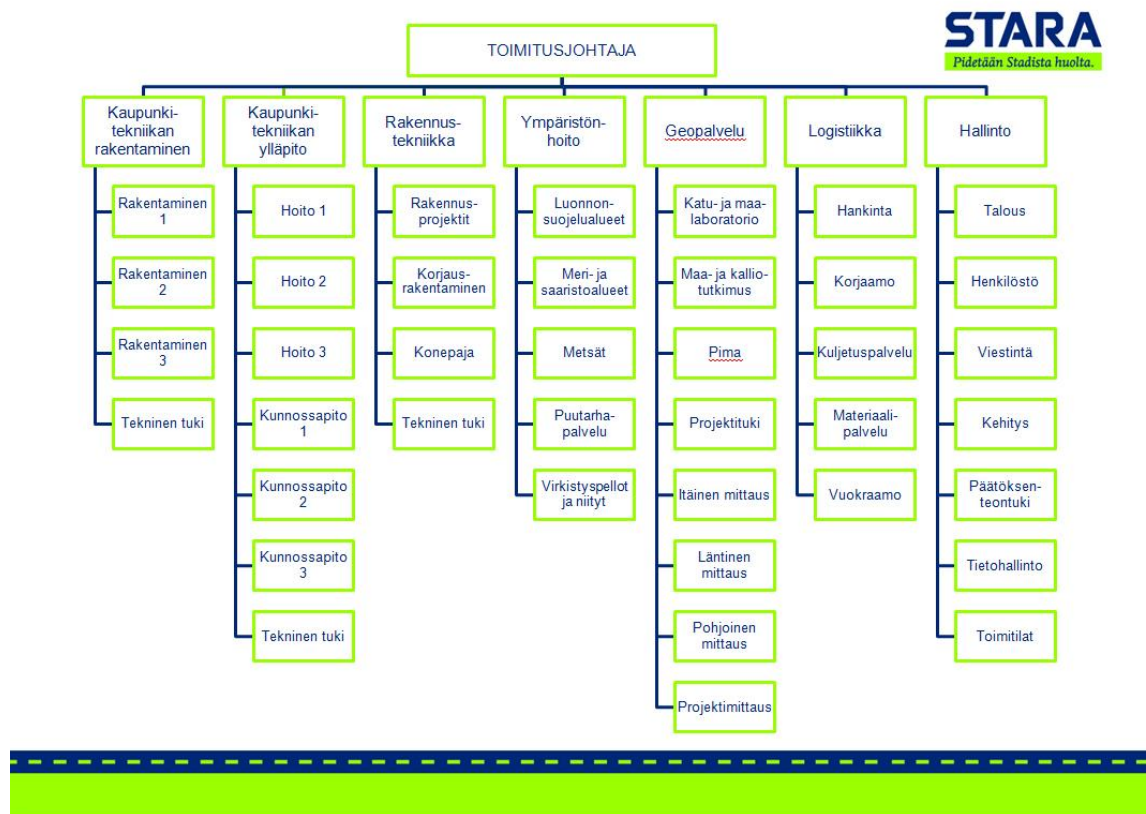
2 Helsingin kaupungin rakentamispalvelu Stara

2.1 Staran organisaatio

Stara muodostui vuonna 2009 Helsingin kaupungin rakentamispalvelusta. Toimintansa Stara aloitti vuotta myöhemmin 2010. Se on kaupungin oma palveluntuottaja, jonka tehtäviin kuuluu katujen ja puistojen rakentaminen ja hoito, logistiikka, teknisen alan palvelujen tuottaminen, rakennusten korjaus sekä luonnonmukaisten alueiden hoito. Helsingin kaupungin teknisen palvelun lautakunta ohjaa ja valvoo Staran toimintaa. [1]

Staran organisaatio muodostuu kahdeksasta eri yksiköstä, joitka ovat itäinen, läntinen ja pohjoinen kaupunkitekniikka, talonrakennus, ympäristön hoito, geopalvelu, logistiikka sekä hallinto [1]. Organisaatiokaavio on esitetty kuvassa 1.

Staran työntekijät huolehtivat kaupungistamme noin 1 600 työntekijän voimin, kesäisin työntekijöitä on yli 2 000. Suurimpia asiakkaita ovat rakennus- ja kiinteistövirasto, HKR-rakennuttaja sekä Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Koko organisaation liikevaihto oli vuonna 2012 noin 240 miljoonaa euroa. [2]



Kuva 1. Staran organisaatiokaavio [3].

2.2 Geopalvelu

Yksi Staran kahdeksasta yksiköstä on Geopalvelu. Se tuottaa maa- ja kallioperän tutkimuspalveluja, teknisiä mittauksia, laboratoriotutkimuksia sekä käsittelee pilaantuneita maita (PIMA). Geopalvelu koostuu neljästä eri osastosta: katu- ja maalaboratorio, mittaus, PIMA sekä pohjatutkimus. [1]

2.3 Mittausosasto

Mittausosasto jakautuu neljään mittauspiiriin: Itäinen, Läntinen ja Pohjoinen mittaus sekä Projektimittaus. Osastojen tarjoamiin palveluihin kuuluvat: maa- ja kalliitutkimuksessa tarvittavat mittaukset, merkintä- ja tarkemittaukset, maastokartoitukset, vesi- ja viemärijohtojen mittaukset, määrälaskenta sekä viherrakentamisen ja maisemasuunnittelun mittaukset.

Käytössä oleva mittauskalusto koostuu Trimblen S6- ja VX-takymetreistä sekä Trimblen R8-GPS-mittalaitteista. Laskennassa, karttatuotannossa sekä suunnitelmien käsittelyssä käytetään MicroStation-ohjelmistoa täydennettynä Terrasolidin sovelluksilla. [1]

3 Kunnallistekninen rakentaminen Helsingissä

Viime vuosina Helsinkiin on rakennettu ja kaavoitettu uusia asuinalueita enemmän kuin koskaan ennen. Uusia kaupunginosia on ilmestynyt muun muassa Herttoniemenrantaan ja Vuosaareen, mikä on nostanut myös kunnallistekniikan, katujen ja puistojen rakentamisen määrää. [4]

Uusien alueiden rakentaminen vaatii rahallisten investointien lisäksi myös laadukasta suunnittelua ja rakentamista, jota löytyy myös Helsingin kaupungilta itseltään. Kaikkien toimintojen ulkoistaminen tai konsulttien käyttö ei välttämättä ole se toimivin ratkaisu kasvavan Helsingin tarpeisiin, vaan yhteistyö suunnittelevien ja rakentavien tahojen kesken. [4]

3.1 Rakentajana Stara

Helsingin kaupungin kunnallistekniikan rakentajana ja rakennuttajana toimii Stara Kaupunkitekniikan Rakentaminen. Se on jaettu kolmeen osastoon ilmansuuntien mukaan: Pohjoiseen, Itäiseen ja Läntiseen rakentamiseen. [5]

Stara Rakentaminen rakentaa muun muassa kaupungin katuja, vesihuoltolinjoja, puistoja, aukioita, toreja ja leikkipaikkoja. Rakennuttajan ominaisuudessa osasto auttaa toimialaansa liittyvien töiden suunnittelussa sekä suunnitelmien laadinnassa ja hyväk-

syttämisessä. Tarvittavat luvat sekä urakka-asiakirjat hoidetaan Stara Rakentamisen toimesta. [5]

Rakentamisen tuotteita ovat esimerkiksi maarakentaminen, asfaltoinnit, kiveykset, vesijohdot, viemäroinnit, muurit sekä valaistustyöt. Rakentamisen kanssa tiiviissä yhteistyössä toimivat myös Geopalvelun pohjatutkimus- sekä mittausosastot. [5]

3.2 Louhinta kunnallisteknisessä rakennustoiminnassa

Helsingin kaupungin alueella on kallioista maapohjaa, jolle joudutaan rakentamaan. Kalliopinnan ollessa lähellä maan pintaa täytyy kalliota louhia, jotta infrastruktuuri ja kunnallistekninen vesihuolto saadaan sijoitettua oikealle tasolle. Louhinnat ovat yleensä pieniä ja paikallisia, mutta niitä joudutaan tekemään hyvin usein erilaisten kunnallisteknisten rakennuskohteiden yhteydessä. [8]

Kun kallio räjähdysten voimasta rikkoutuu louheeksi, sen tilavuus kasvaa lähes kaksinkertaiseksi laskentatavasta riippuen [6, s. 7]. Kallioulouhinnan tilaajaosapuolen kannalta on tärkeää selvittää juuri tämän kiinteän kallion tilavuus ennen tapahtuvaa räjäytystä, jotta louhinnasta syntyvät kustannukset voidaan arvioida ennakoon [8].

4 Tilavuuden laskenta

4.1 Tilavuuskäsitteet

Kalliomassojen tilavuus vaihtelee huomattavasti eri käsittelyvaiheissa, joten on ensiarvoisen tärkeää tietää, mistä tilavuuksista kulloinkin on kyse.

Tilavuuskäsitteitä on viisi:

- teoreettinen kiintotilavuus m^3_{ktr}
- todellinen kiintotilavuus m^3_{ktd}
- todellinen irtotilavuus m^3_{itd}
- todellinen rakennetilavuus m^3_{rtd}

- teoreettinen rakennetilavuus m^3_{rtr} . [6, s. 6]

Tarkemmin termeillä tarkoitetaan:

- Teoreettinen kiintotilavuus on massan tilavuus luonnontilassa, suunnitelman mukaisten teoreettisten poikkileikkausten perusteella mitattuna.
- Todellinen kiintotilavuus on massan tilavuus luonnontilassa, todellisten poikkileikkausten mukaisesti mitattuna.
- Todellinen irtotilavuus on massan todellinen tilavuus, joka massalla on kuormattaessa.
- Todellinen rakennetilavuus on massan tilavuus rakenteessa, todellisten rakennettujen poikkileikkausten mukaan mitattuna.
- Teoreettinen rakennetilavuus on teoreettisten poikkileikkausten mukainen rakennetilavuus. [6, s. 6]

Tilavuusyksiköiden välistä riippuvuutta voidaan ilmaista neljällä eri massakertoimella:

- Ryöstökerroin y_1 on todellinen kiintotilavuus/teoreettinen kiintotilavuus.
- Löyhtymiskerroin k_1 on todellinen irtotilavuus/todellinen kiintotilavuus.
- Tiivistymiskerroin k_2 on todellinen rakennetilavuus/todellinen irtotilavuus.
- Täyttökerroin y_2 on teoreettinen rakennetilavuus/todellinen rakennetilavuus. [7]

Massakertoimien tarkoitus on antaa kuva siitä, kuinka paljon massan tilavuus muuttuu eri käsittelyvaiheissa. Maan ollessa alkuperäisessä luonnontilassaan on tilavuus tavallisesti pienimmillään, ja suurimmillaan irtonaisena ja käsiteltynä. [6]

4.2 Tilavuuden laskenta Stara Geopalvelu Mittaus

Kallion tilavuuden määrittämiseen Helsingin kaupungin rakentamispalvelu Stara käyttää oman organisaationsa mittausosastoja. Mittausosastot tarkemmitaavat louhittavan kallion pinnan ja määrittävät tilavuuden käyttäen MicroStation-ohjelmaa, Terra-sovelluksineen. [8]

Tilavuuden määrittämisestä saadut tulokset ovat todellisia kiintotilavuuksia, m^3_{ktd} , eikä mukana ole ryöstö-, löyhtymis-, tiivistymis- tai täyttökertoimia. Laskennan yhteydessä

määritetään erikseen myös alle metrin syvyiset louhinnat, niin sanotut neliölouhinnat, joiden hinnat eroavat kuutiolouhinnan hinnoista. [8]

Tilavuuden laskennan tuloksista laaditaan tilaajaosapuolelle louhintapöytäkirja, johon pitää olla kirjattu seuraavat asiat:

- louhinnan suorittava yritys ja työn suoritusaika
- tilausnumero
- työkohde ja sijainti suunnitelmassa, paaluväli
- kuutiolouhintamäärä, m³
- neliölouhintamäärä, m²
- tekijä, tarkastaja ja hyväksyjä.

Louhintapöytäkirja toimii informaation lähteenä, kun tarkastellaan louhinnasta syntyviä kustannuksia. Sen avulla voidaan myös tarkastella louhintaa suorittavien yritysten laskutusperusteita ja puuttua mahdollisiin väärinkäytöksiin. [8]

5 Käytettävät laskentaohjelmistot

5.1 MicroStation

MicroStation on Bentley System Inc:n päivittämä ja ylläpitämä tietokoneavusteiseen suunnitteluun kehitetty ohjelma, joka perustuu amerikkalaisen Intergraph-yhtiön IGDS-nimiseen CAD-ohjelmaan [9]. Bentley Systems on perustettu Yhdysvalloissa vuonna 1984, ja se toimii yli 45 maassa työllistäen noin 3 000 henkilöä. [10, s. 33–34.]

Yhtiö panostaa voimakkaasti tutkimukseen sekä kehitykseen ja on tukenut näitä toimintoja muun muassa yritysostoin. Uusien ohjelmien lisäksi Bentleyllä parannellaan myös vanhoja, jo julkaistuja versioita lisäsovelluksin ja päivityksin, esimerkiksi MicroStationista on tullut jo yli 10 versiota. [10, s. 33–34.]

MicroStation -lisensoijia on myyty 143 maahan ja sitä on käännetty 13 kielelle. Sen ensimmäinen versio ilmestyi vuonna 1985 ja oli nimeltään MicroStation 1.0. Tämän hetken uusin versio on MicroStation v8.i (SELECT SERIES 3). [10, s. 33–34]

MicroStation on tehokas ja monipuolinen 2D/3D-ohjelmisto, joka toimii DOS- ja Windows-ympäristöissä sekä Mac- ja UNIX-työasemissa. 2D-ominaisuuksien lisäksi siinä on hyvät 3D-mallinnus- ja visualisointiominaisuudet. Ohjelma tukee useita vektori- ja rasteritiedostomuotoja. [9, s.1.]

Vektoritiedostomuotoja:

- MicroStation.DGN
- AutoCad.DWG
- AutoCad.DXF
- IGES
- CGM.

Rasteritiedostomuotoja:

- Compuserve.GIF
- Img
- Intergraph RGB, RLE, CIT
- Windows BMP
- PCX
- PICT
- TIFF
- PostScript.

Ohjelmaan käyvien lukuisten tiedostomuotojen johdosta MicroStation on suosittu työkalu suunnittelu- ja rakennustoimistoissa. Sitä voi myös käyttää helposti yhdessä Cad-ohjelmien kanssa. [9, s. 2.]

5.2 MicroStation V8i

Vuonna 2008 tuli markkinoille MicroStationin Uusin versio v8.11 eli V8i. Vuosi tämän jälkeen ilmestyi jo ensimmäinen päivitys V8i (SELECT SERIES1). Tällä hetkellä uusin päivitys on vuonna 2012 julkaistu V8i (SELECT SERIES 3). [10, s. 37–38.]

Edellä mainitut päivitykset toivat MicroStationiin uusia ominaisuuksia ja paransivat 3D- ja 2D-mallien välistä vuorovaikutusta. Merkittävin uudistus olivat hypermallit, jotka mahdollistivat sisäisten dokumenttien linkittämisen malliin sekä mahdollisuuden selata niitä kosketuspohjaisilla käyttöliittymillä. Uudet datan käsittely- ja analyysiominaisuudet mahdollistavat mallien toiminnan simuloinnin, visualisoinnin ja animaatiot. [10, s. 37–38.]

MicroStation v8i:lla pystytään tekemään esimerkiksi: tyyppipiirustuksia, vesihuolto-suunnitelmia, asemapiirroksia, pituus- ja poikkileikkauksia, maankäytön suunnitelmien piirtoa, detalji- sekä putkistopiirustuksia. [10, s. 37–38.]

5.3 TerraSolid

TerraSolid on vuonna 1989 perustettu kotimainen yritys, joka tarjoaa ohjelmistoja muun muassa maanmittaus- ja kartoitusalan, arkeologian, geologian ja 3D-mallinnuksen tarpeisiin. Sen maailmanlaajuinen markkinaosuus on jopa 80 %, ja sillä on asiakkaita jo yli 100 maassa. [11]

TerraSolid loi Terrasovellukset-ohjelmakokonaisuuden palvelemaan maanmittaus- ja yhdyskuntatekniikan suunnittelutarpeita. Alkujaan tämä ohjelmakokonaisuus kehitettiin Helsingin Kaupungille, mutta hyvien ominaisuuksiensa johdosta se on levinnyt laajalti maailmalle. [12]

Terrasovellukset on tehty yhteensopivaksi juuri MicroStationin kanssa ja ohjelmaa ylläpitävä ja päivittävä Bentley System Inc myy Terrasolidin ohjelmistoja ulkomaille ja vastaa osaksi kansainvälisestä myynnistä. [11]

TerraSolidin keskeisimmät tuotteet ovat:

- TerraScan, laserdatan käsittely
- TerraSurvey, mittatiedostojen formaattien luku, kartan luonti
- TerraModeler, maastomallinnus
- TerraPhoto, kuvien käsittely, ortokuva tuotanto
- TerraMatch, lentolinjojen sovitus
- TerraStereo, isojen laseraineistojen visualisointi ja katselu stereona reaaliajassa. [11]

TerraSolidin infrasuunnittelun tuotteet ovat:

- TerraStreet, katujen suunnittelu
- TerraPipe, viemäreiden ja vesijohtojen suunnittelu
- TerraGas, maakaasuputkien suunnittelu
- TerraHeat, kaukolämpöputkien suunnittelu
- TerraBore, kairaustiedon rekisteri ja visualisointi. [11]

Kaikkien sovellusten tietokannat on luotu siten, että ne sulautuvat täysin yhteneväisesti toisiinsa 3D-koordinaatistossa ja niitä voidaan yhteneväisesti muokata lähes rajattomasti. Terrasovellusten avulla mitoitustiedostoja ja karttoja voidaan muodostaa mistä vain mitattavista kohteista. [12]

5.3.1 TerraSurvey

TerraSurvey on kartoitussovellus, joka on rakennettu toimimaan Bentley'n MicroStationin päällä. Sovellus lukee tekstitiedostosta pistemuotoista tietoa ja synnyttää sen perusteella karttakuvan MicroStationin kuvatiedostoon. [13, s. 8.]

Geodimeter, Maastotietomuoto, Moss, SdrMap, Sokkia, Tekla ja Wild ovat mittatiedostomuotoja, jotka ovat TerraSurvey'n luettavissa. Näiden lisäksi käyttäjä voi itse määritellä uusia tiedostomuotoja, koska sovelluksella voi lukea sisään useimpia sellaisia tekstitiedostoja, joissa on täsmällisiin kenttiin järjestettyä pistemuotoista tietoa. Mittatieto voi

pohjautua kulmahavaintoihin tai koordinaatteihin. Sovellus tunnistaa sisään luettavan tiedoston muodon automaattisesti. [13, s. 8.]

Sovellukseen voi ladata erilaisia koodilistoja, jotka määrittävät syntyvän karttakuvan ulkoasun. Se määrittelee mittauskoodien yksilöimien kohteiden esityksen kartalla. Jokaiselle mittauskoodille voidaan määrätä yksi tai useampia piirtosääntöjä, jotka synnyttävät käyriä, viivoja, murtoviivoja, tekstielementtejä, soluja ja kuvioituja viivoja. [13, s. 8.]

TerraSurvey soveltuu erityisen hyvin työskentelyyn, jossa pitää lukea pisteitä erilaisista tietolähteistä. Käsiteltävä pisteaineisto on voitu synnyttää mittalaitteiden lisäksi, taulukkolaskennalla tai listauksena tietokannasta. Sovelluksen avulla aineistolle voi sisään lukemisen jälkeen, määritellä piirtosäännöt, tarkistaa virheet ja tehdä tarvittavat korjaukset, ja samalla vielä katsella alati kehittyvää karttakuvaa. [13, s. 8.]

TerraSurvey sisältää itsessään aputyökaluja, joiden avulla voi käsitellä ja muokata karttakuvaa haluamallaan tavalla. [13, s. 8.]

5.3.2 TerraModeler

TerraModeler on sovellus maanpintojen mallinnukseen, joka on rakennettu MicroStationin päälle. Sovelluksella voi luoda pintamallin esittämään maanpintaa, maalajikeroksia tai suunnitelmapintoja. Lähtötietoina voi käyttää graafisia elementtejä, kartoitus-tiedostoja tai tekstitiedostosta luettavia pisteitä. [14, s. 9.]

Saman istunnon aikana, TerraModeler pystyy käsittelemään rajattoman määrän pintamalleja. Mitä vain pintamallia voi muokata vuorovaikutteisesti käyttäjän toimesta. Pintamalliin voi lisätä tai siirtää pisteitä, ja halutessaan myös tuhota niitä. Käyttäjä voi rakentaa uusia taiteviivoja tai lisätä graafisten elementtien kärkipisteitä osaksi pintamallia. Pisteitä, jotka ovat erikseen rajatun alueen sisällä, voidaan nostaa, tasoittaa tai tiputtaa toiselle pinnalle. [14, s. 9.]

Piirtämällä uusia elementtejä pintamallin korkeustasolle, tai muokkaamalla olemassa olevia elementtejä noudattelemaan pintamallin muotoja, voi TerraModeleria käyttää suunnittelun apuna [14, s. 9].

TerraModeler tarjoaa erilliset käskyt pituusleikkausten, 3D-leikkausnäkyvien ja poikki-leikkausten piirtoon. Synnytettyyn pituusleikkauskuvantoon voi projisoida 3D-elementtejä ja kuvantoon piirretyn tasauselementin voi projisoida kolmiulotteiseksi linjaksi. [14, s. 9.]

TerraModelerin avulla tehtyä pintamallia voi havainnollistaa synnyttämällä värjätyn kolmioverkon, korkeuskäyrät tai värjätyn ristiverkon. Nämä esitystavat voidaan päivittää vastaamaan pintamallia, vaikka sitä muokattaisiinkin. [14, s. 9.]

Pintamallien lisäksi TerraModelerilla voidaan laskea kahden pinnan välisiä kaivuu- ja täyttömassoja. Laskenta perustuu ruutumenetelmään [14, s. 9].

5.3.3 TerraStreet

TerraStreet on todelliseen kolmiulotteiseen työskentelyyn perustuva katusuunnittelusovellus, joka toimii MicroStationin päällä. Sovelluksella suunnitellaan kadun linjojen vaakageometria eli linjaus sekä pystygeometria eli tasaus. Linjauksen suunnittelu tapahtuu murtoviivaan perustuvalla muokkauksella tai yksittäisten komponenttien sijoitteluun perustuvalla muokkauksella. [15, s. 2.]

Murtoviivamuokkauksessa linjauksen kuviteltua murtoviivaa käsitellään. Murtoviivan teräviä nurkkia pyöristetään ympyrän kaarilla ja klotoidi-kaari-klotoidi-yhdistelmillä. Murtoviivaan perustuvassa muokkauksessa pystytään nopeasti hahmottelemaan suunnitelman yleiset linjat. Komponenttimuokkauksessa linjausta suunnitellaan sijoittamalla kaari-, viiva- tai klotoidikomponentteja. [15, s. 2.]

TerraStreetin avulla tapahtuvan tasauksen suunnittelu tapahtuu pituusleikkauksessa, johon on piirretty halutut pintamallit sekä muokattavan linjan lisäksi haluttujen muiden linjojen kulku. Tasauksen suunnittelu tapahtuu joko murtoviivaan perustuvalla muokkauksella tai komponenttien sijoitteluun perustuvalla muokkauksella. [15, s. 2.]

Linjauksen ja tasauksen tiedot yhdistämällä saadaan synnytettyä linjan kolmiulotteinen muoto. Näin synnytetystä linjasta voidaan luoda uusia ”riippuvia” kolmiulotteisia linjoja. Riippuvia linjoja voidaan synnyttää useita käyttäen tyyppipoikkileikkausmenetelmää,

jossa uusien linjojen muoto määräytyy kuljettamalla tyyppipoikkileikkausta linjaa pitkin. [15, s. 2.]

TerraStreetin avulla tehdyn suunnitelman pohjalta voidaan piirtää erilliset tulostettavat esitykset. Näitä ovat karttaesitys, paalutuskartta sekä pituus- ja poikkileikkaukset. [15, s. 2.]

6 Laskentaprosessi

Kartoitetaan maastossa pintamaasta puhdistettu kalliopinta käyttämällä esimerkiksi takymetria, laserkeilainta tai GPS-mittalaitetta. On huomioitava, että kalliopintaa kartoitetaan riittävän laajalta alueelta, jotta se vastaa suunniteltua katuleikkausta.

Kartoitetusta aineistosta muodostetaan TerraSurveylla kuvatiedosto, joka mallinnetaan ja kolmioidaan TerraModelerin avulla. Kartoitetuista kalliopisteistä muodostetaan siis pintamalli.

Kiinnitetään katusuunnitelman kuvatiedosto referenssiksi mallinnettuun kuvatiedostoon. Referenssistä poimitaan kaikki tarpeelliset linjaelementit, esimerkiksi mittalinja, vesijohdot, sadevesi- ja viemäriputket ja kopioidaan ne mallinnettuun kuvatiedostoon. Jokainen kopioitu elementti tulee kukin siirtää omalle vapaalle tasolleen, jotta tasojenhallinta helpottuu.

Tämän jälkeen jokaiselle käsiteltävälle linjaelementille tulee luoda suunnitelmanmukainen sijainti ja korkeus, jotta elementtien ja louhittavan kalliopinnan välinen tilavuus voidaan luotettavasti määrittää.

Linjaelementeille luodaan vaaka- ja pystygeometria TerraStreetin avulla. Mallinnetussa kalliokuvatiedostossa on nyt katusuunnitelman mukaisia linjaelementtejä, joilla on sijainti ja korkeus, niin sanottuja 3D-linjoja.

3D-linjojen avulla mallinnetaan suunnitelman mukaisille tyyppipoikkileikkauksille pinnat käyttämällä TerraModeleria. Jokaisesta käsiteltävästä poikkileikkauksesta luodaan oma pinta. Pinnan sijainti ja korkeustaso määräytyy muodostettujen 3D-linjojen mukaisesti.

Louhittavan kallion todellinen kiintotilavuus voidaan nyt laskea TerraModelerin Terra-Massa-työkalulla ja saaduista tuloksista voidaan laatia louhintapöytäkirja.

7 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tehdä tilavuuden laskentaohje Stara Geopalvelun Itäisen mittauksen käyttöön. Tuloksena on hyvin seikkaperäinen ohje varustettuna lukuisilla havainnekuvilla. Ohjeen avulla, ja ohjelmistoja hiukan ennalta tuntevalta onnistuu nyt useita eri työvaiheita vaativa tilavuudenlaskenta.

Ohjeen kasaaminen oli suhteellisen vaivatonta, koska kyseinen laskenta kuuluu työtehtäviini. Vaivattomuus oli kuitenkin ehkä se haastavin osuus, miten itselle vaivattoman asian saa ohjeistettua siten, että asioihin vähemmän perehtynytkin saa ohjeesta tarvittavan avun. Tämän takia koekäytätin ohjetta muutamalla kollegallani ja parantelin sitä esiin nousseiden palautteiden perusteella.

Ohjeessa käydään lävitse yhtä esimerkkitapausta, joka on sarallaan yksinkertaisimmasta päästä. Ohjeesta tekisi varmasti paremman, jos siinä käytäisiin läpi kaikki, tai useimmat mahdolliset skenaariot, joita kunnallisteknisen rakentamisen seurauksena tapahtuvasta louhinnasta voi seurata. Tämä kuitenkin lisäisi ohjeen pituutta huomattavasti ja tekisi siitä ehkä vaikeammin lähestyttävän.

Itse olen tyytyväinen lopputulokseen ja toivon, että ohjetta käytetään, jos ei ihan tilavuuden laskentaan, niin ohjeessa läpi käytyihin muihin mittaustyössä tarpeellisiin aiheisiin.

Lähteet

- 1 Staran esittely. 2013, Verkkodokumentti. Stara.
<http://www.hel.fi/hki/Rakpa/fi/Staran+esittely>. Päivitetty 6.2.2013. Luettu 24.3.2014.
- 2 Toimintakertomus. 2012. Lönnberg Painot Oy Stara 2013.
- 3 Staran organisaatio. 2013. Verkkodokumentti. Stara.
<http://helmi/Stara/organisaatio/Sivut/Organisaatiokaaviot/Organisaatiokaavio>.
Luettu 22.3.2014
- 4 RY Rakennettu ympäristö. 2013. Verkkodokumentti. Rakennustieto Lehdet
<http://www.rakennustieto.fi/lehdet/ry/index/arkisto.html.stx>. Luettu 18.4.2014
- 5 Staran kaupunkitekniikat. 2013. Verkkodokumentti. Stara.
<http://www.hel.fi/hki/rakpa/fi/Kaupunkitekniikka/Rakentaminen>.
- 6 Häkkinen, Janne. Opinnäytetyö. Massalaskennan ohjelmistot maanrakennusalalla. 2010, Mikkelin Amk. Theseus.fi.
- 7 Rak-50_2123_tilavuuskäsitteet_massakertoimet.pdf. Verkkodokumentti. Noppa.aalto.fi. Luettu 20.4.2014.
- 8 Lahti, Petri, palvelupäällikkö, Stara Geopalvelu, Itäinen mittaus. Haastattelu Helsinki 27.3.2014.
- 9 Econocap Engineering Oy. MicroStation peruskurssi.
- 10 Kousa, Riikka. Opinnäytetyö. MicroStationin käyttötarkoitus Pöyry Finland Oy:lle.2012, Kymenlaakson Amk. Theseus.fi
- 11 Pekka Lehtonen. Maankäyttö lehti. Numero 4/2010. Terrasolid toimii maailmanlaajuisesti.
- 12 Asemapiste.fi. Mittamiesten syystapaaminen Siikarannassa.2002. Verkkodokumentti.
- 13 TerraSurvey, käyttöopas.1999.
- 14 TerraModeler, käyttöopas.2003.
- 15 TerraStreet, käyttöopas.1996.

Tilavuuden laskentaohje

STARA

Geopalvelu Itäinen Mittaus

Esipuhe

Tämän ohjeen tarkoituksena on toimia apuna tilavuuden laskennassa MicroStation ohjelmalla ja Terrasovelluksilla. Ohjeen avulla käyttäjä pystyy piirtämään mittatiedosto- ja kartoiksi, muodostamaan pintamalleja sekä tekemään 2D- ja 3D- linjoja suunnitelma- tiedostoista. Näitä kaikkia edellä mainittuja välivaiheita tarvitaan, jotta tilavuuden laskenta ja määrittäminen olisi mahdollista.

Ohje on suunnattu Stara Geopalvelun Itäisen mittauksen henkilöstölle. Ohjeen seuraaminen vaatii käyttökokemuksia MicroStationista sekä Terrasovelluksista.

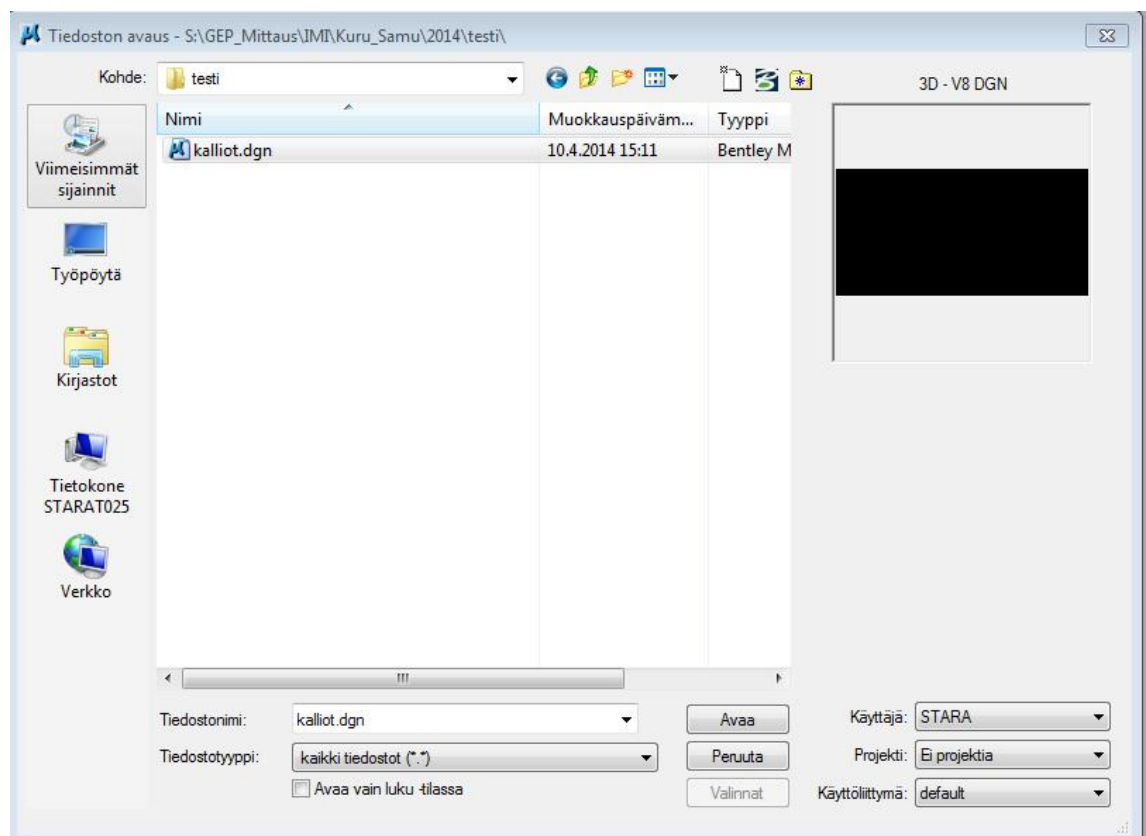
Tilavuuden laskentaohje etenee numerojärjestyksessä kohdasta 1 aina kohtaan 23 asti.

Termistöä

2D	Kaksiulotteinen, x ja y
3D	Kolmiulotteinen, x, y ja z
dat-näppäin	Hiiren vasen näppäin
reset-näppäin	Hiiren oikea näppäin
elementti	Suunnitelman perusosa
geometria	Kohteen muoto, pysty tai vaaka
kuvanto	Poikkileikkausta esittävä kuva
linja	Ketjutettu, yhtenäinen elementti
pintamalli	Kolmiulotteinen malli maaston pinnasta
pituusleikkaus	Otos kuvan sivusta
poikkileikkaus	Otos kuvan takaa tai edestä

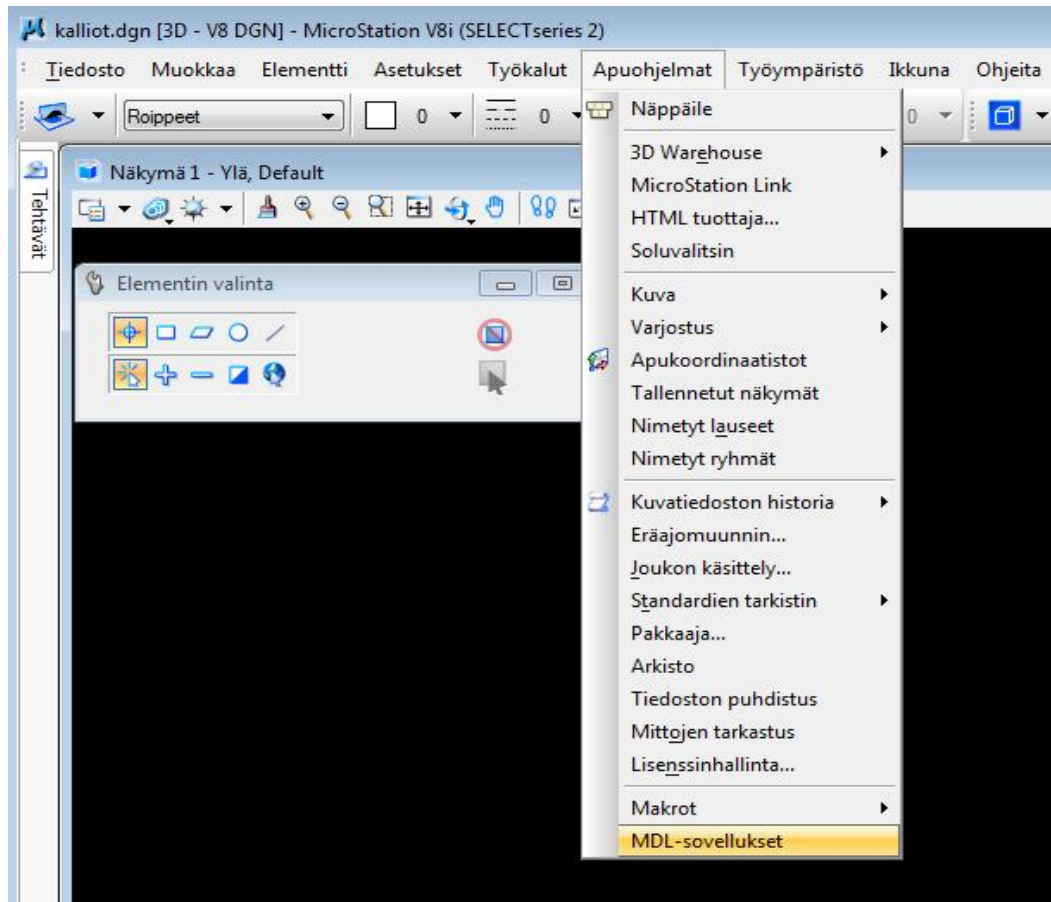
Kohta 1

Avaa uusi työ MicroStationilla ja nimeä se.

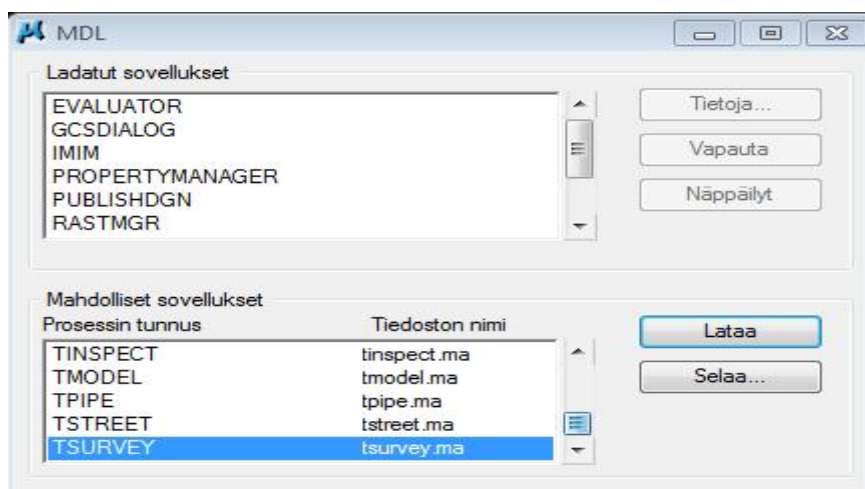


Kohta 2

Käynnistä TerraSurvey **MDL Applications** -toiminnolla apuohjelmat alavetovalikosta:



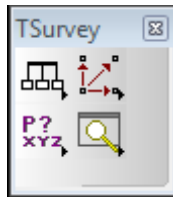
Tämä avaa MDL-ikkunan:



Kohta 3

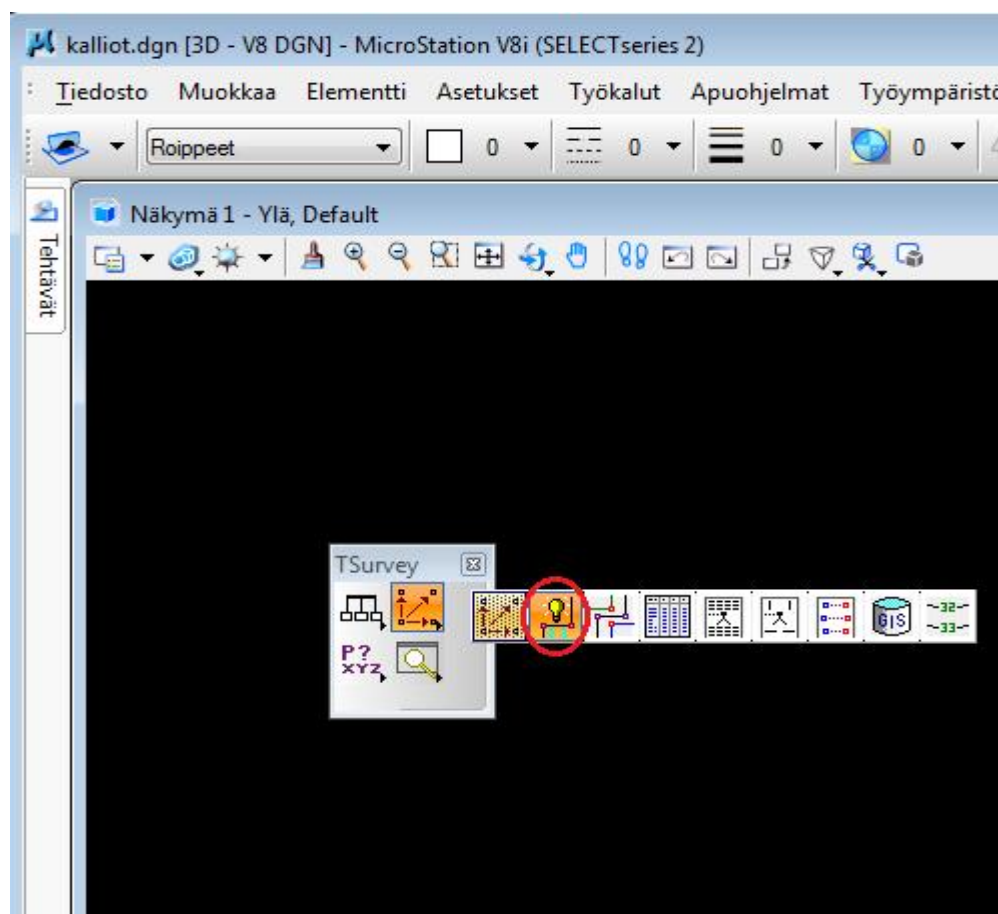
Valitse **TSURVEY** Mahdolliset sovellukset -listasta. Käyttäjäasetukset määräävät, mitä valikoita TerraSurvey avaa käynnistyksen yhteydessä.

Päätyökaluvalikko aukeaa:



Kohta 4

Lataa haluttu tiedosto tarkistusta varten käynnistämällä **piirrä mittaustarkistaen** - työkalu, joka avaa ikkunan, josta voit valita käsiteltävän tiedoston:



Kohta 5

Mittatiedosto aukeaa. Painamalla **OK** avautuu **Piirrä mittaus tarkistaen** -ikkuna, jossa koordinaattiakselit näyttävät ensimmäisen tiedostosta löydetyn pisteen koordinaatit:

Piirrä mittaus tarkistaen

Kartan luonti

Mittakaava: 200
 Kääntökulma: 0.0
 Etäisyysraja: 5000 m
 Valitse: Sopivista muodoista
 Muoto: Geodimeter
☒ Näytä tiedoston rivit

Koordinaatit

17822
 53811
 Muunnos: Ei
 Määritä...

OK Seulo... Peruuta

Kohta 6

Paina **OK**. TerraSurvey lukee valitun tiedoston, synnyttää karttakuvan tilapäisinä elementteinä ja avaa **Ladatut mittapisteet** -ikkunan:

Ladatut mittapisteet

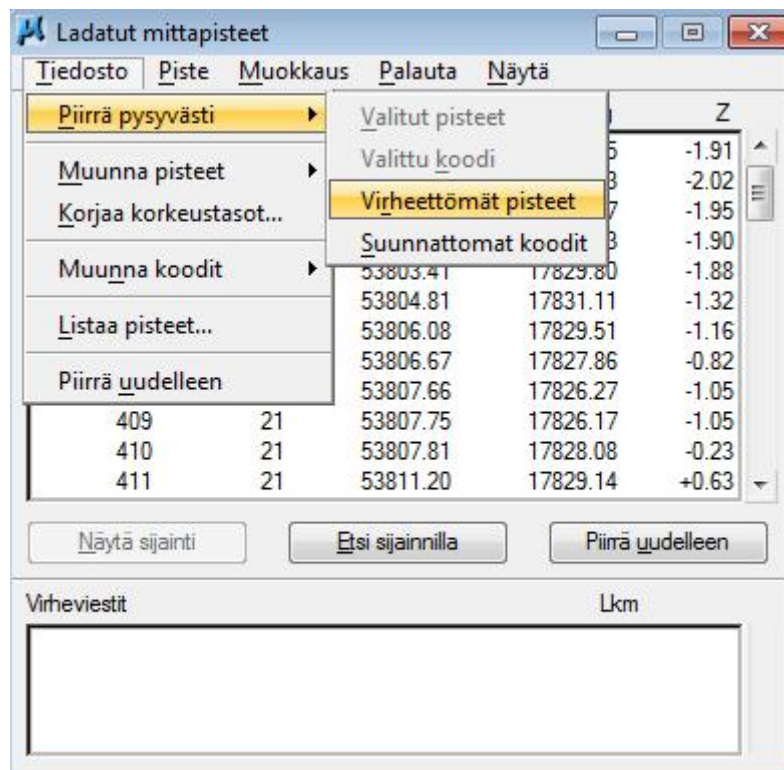
V	Num	Koodi	Easting	Northing	Z
	400	21	53811.45	17821.55	-1.91
	401	21	53809.34	17823.43	-2.02
	402	21	53806.16	17825.57	-1.95
	403	21	53804.13	17827.93	-1.90
	404	21	53803.41	17829.80	-1.88
	405	21	53804.81	17831.11	-1.32
	406	21	53806.08	17829.51	-1.16
	407	21	53806.67	17827.86	-0.82
	408	21	53807.66	17826.27	-1.05
	409	21	53807.75	17826.17	-1.05
	410	21	53807.81	17828.08	-0.23
	411	21	53811.20	17829.14	+0.63

Näytä sijainti Etsi sijainnilla Piirrä uudelleen

Virheviestit Lkm

Kohta 7

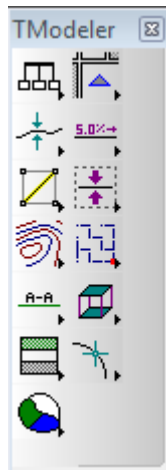
Näkyviin tulee tilapäinen karttakuva sekä lista kaikista tiedostosta löytyneistä pisteistä. Mikäli tilapäinen karttakuva on halutunlainen eikä virheviestejä ole, voi mittauksen piirtää pysyvästi kuvatiedostoon:



Kohta 8

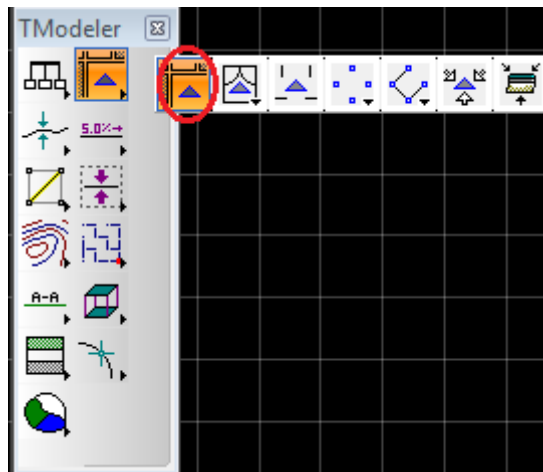
Karttakuvan käsittely voidaan nyt aloittaa TerraModelerilla.

Avaa TerraModeler MDL -sovellusten kautta valitsemalla TModel mahdollisten sovellusten listasta, täysin samalla tavalla, kuin kohdissa 2 ja 3 TSurvey. TerraModellerin päätyökaluvalikko aukeaa:



Kohta 9

Luo pintamalli **Kolmioi kartta** -työkalulla:



Avautuu **Kolmioi pinta** -ikkuna:

Kolmioi pinta

Pinta: Uusi pinta ▼

☐ Aidan sisältö

Karsi ulkoreunat: Oletuskarsinta ▼

Pitempi kuin: 50.0 M

☒ Karsi kaikki pitkät kolmiot

Pitempi kuin: 50.0 M

☐ Harvenna lähekkäiset pisteet

Minimietäisyys: 0.1 M

☐ Monista pisteitä taiteviivaan

Väli: 50.0 M

☐ Suodata virhepisteet

Piirä tasolle: 50

OK Peruuta

Paina **OK**. Tämä avaa **Pinnan tiedot** -ikkunan:

Pinnan tiedot

Yleistiedot

Tyypä: Maa ▼

Nimi: Kallio

Talletus

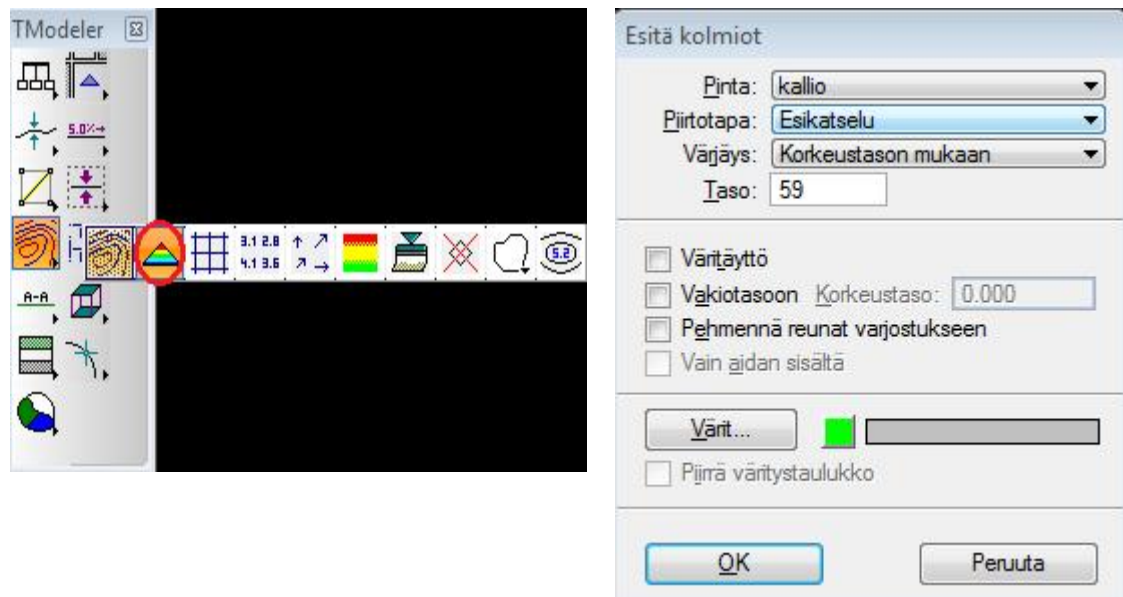
Tiedosto: kalliot.t00

OK Peruuta

Muuta **Yleistietoihin** tyypiksi **Maa** ja nimeksi mittatiedostoa kuvaava nimi esimerkiksi **Kallio**. Paina **OK**. TerraModeler käsittelee löytyviä pisteitä hetken, kunnes pintamalli on valmis.

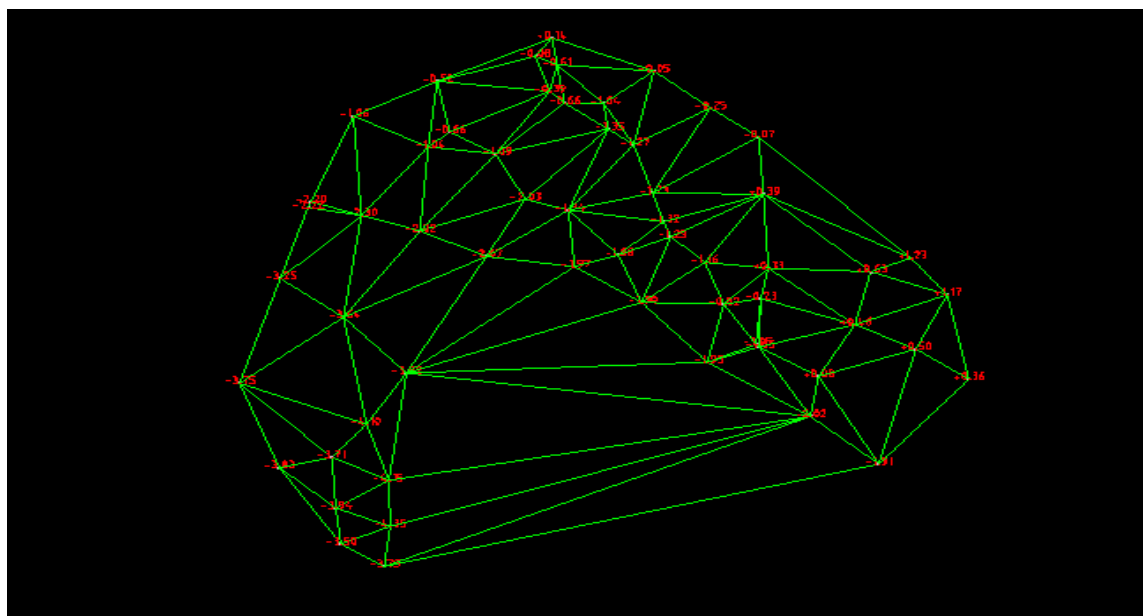
Kohta 10

Kolmioiden esitys:



Valitse **Esitä kolmiot** -ikkunan kohdasta **Pinta**, haluttu pinta (**kallio**), poista **Väritäyttö** ja vaihda **Väri** hyvin erottuvaksi, piirtotavan tulee olla **Esikatselu**. Paina **OK**.

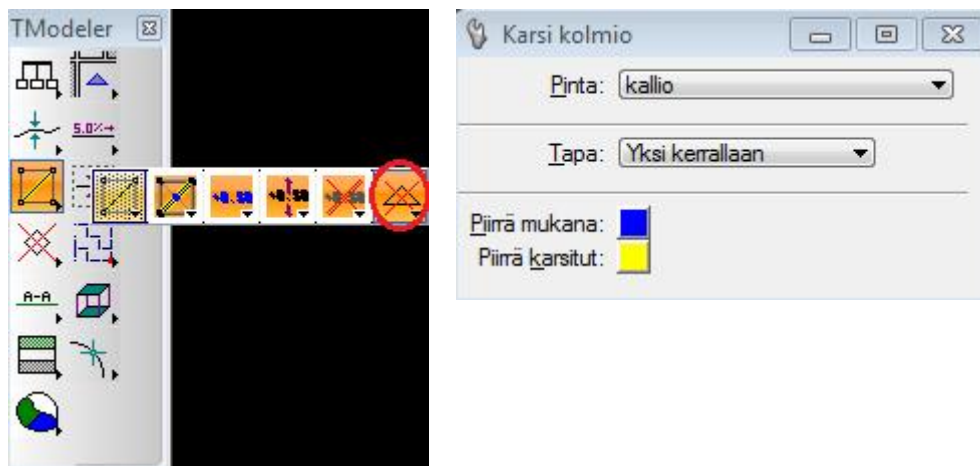
Näkyviin pitäisi tulla esimerkiksi seuraavaa:



Kohta 11

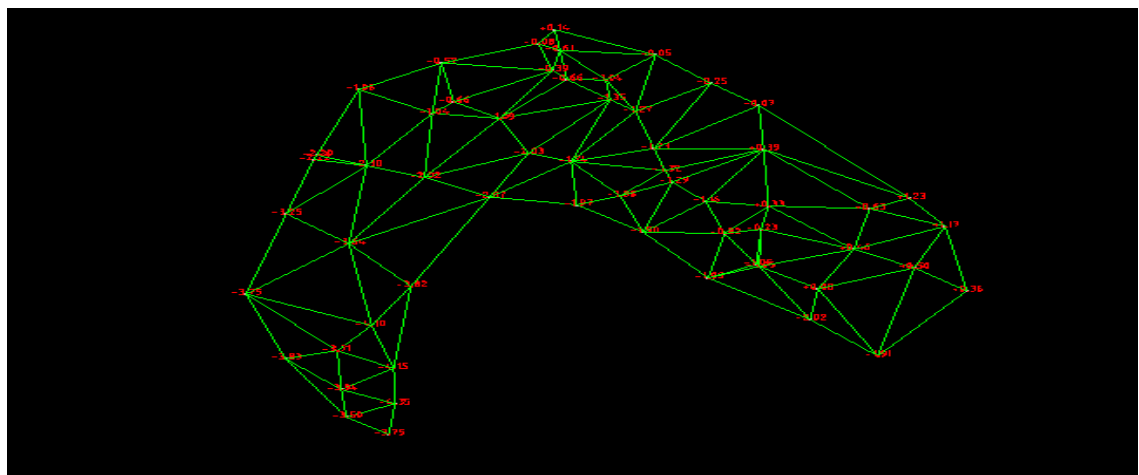
Kolmioinnin tarkastelu. TerraModeler luo pintamallin kolmioimalla siihen kuuluvat pisteet. Ohjelma rakentaa pisteiden välille kolmioverkon ja jokaisen pintamallin alueella olevan XY-kohdan korkeustaso määräytyy yhdestä pintamallin kolmioista.

Käynnistä **Karsi kolmio** -työkalu:



Tätä työkalua voi käyttää, kun halutaan merkitä kolmioita karsituksi tai pintamallissa mukana oleviksi. TerraModeler käyttää termiä karsittu tarkoittamaan kolmion aluetta, jossa pintamalli ei ole pätevä. Kolmioita tulisi karsia, jotta pintamalli olisi todennukainen eli vastaisi tilannetta maastossa.

Pintamalli kohdassa 10, karsittuna:



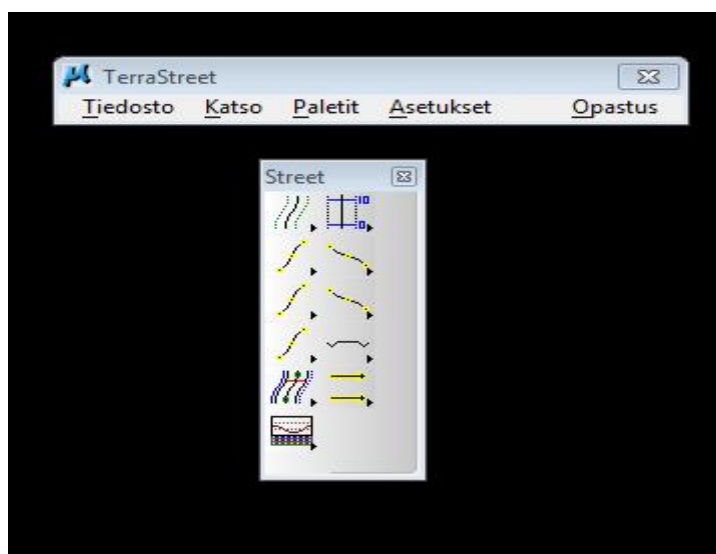
Pintamallista on nyt karsittu turhat ja vääristävät kolmiot, joten kolmioesityksen voi pyyhkiä **Pyyhi esitys** -työkalulla:



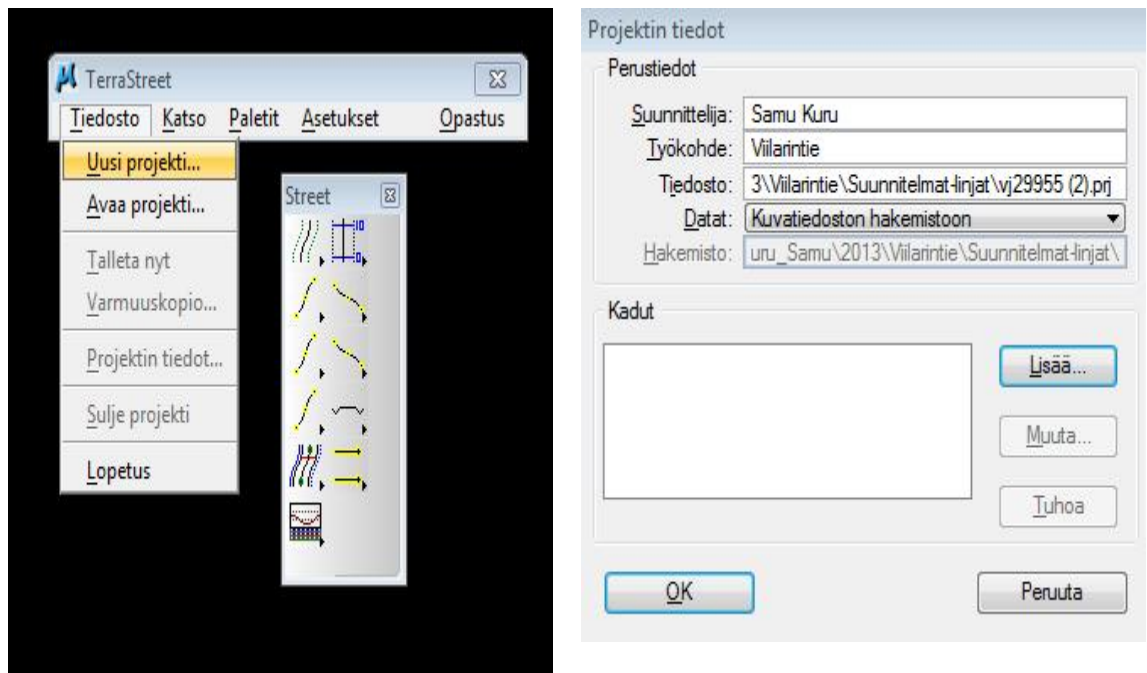
Pintamalli kalliosta on nyt valmis.

Kohta 12

Avaa MicroStationilla käsiteltävä suunnitelma, jonka alueella edellä käsitelty kalliopinta sijaitsee. Avaa TerraStreet MDL -sovellusten kautta valitsemalla TStreet mahdollisten sovellusten listasta, täysin samalla tavalla, kuin kohdissa 2 ja 3. TerraStreetin päätyökaluvalikko aukeaa:



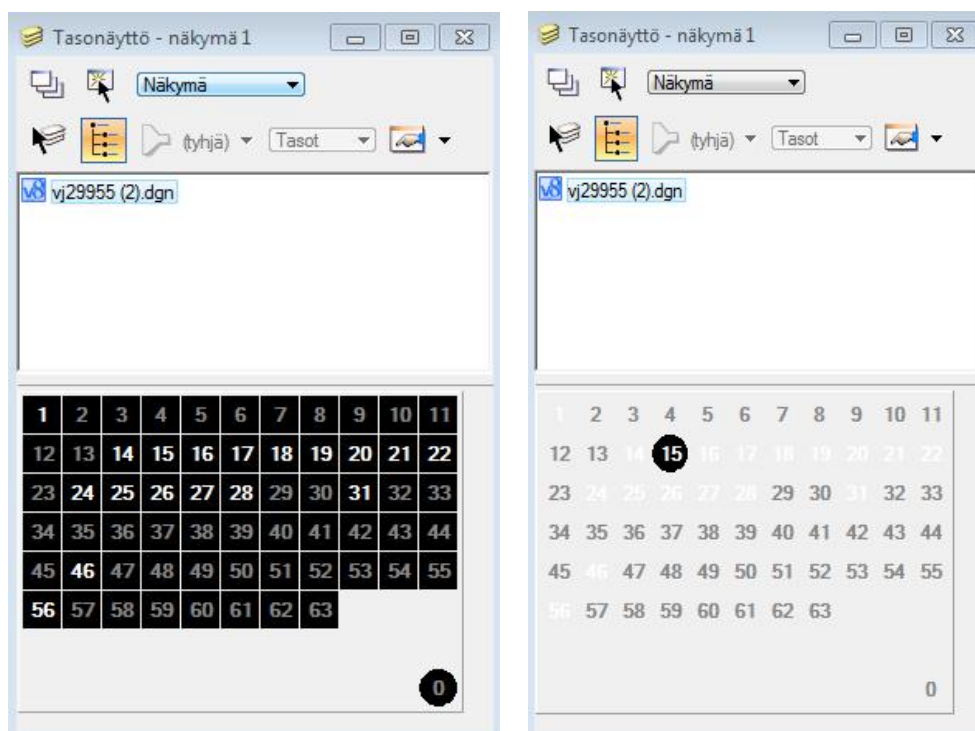
Avaa **Uusi projekti** ja täytä projektin tiedot. Kohdassa **Tiedosto** on avaamasi suunnitelman tiedot:



Tässä vaiheessa on syytä huomioida, että suunnitelmaa aletaan voimakkaasti muokata, joten alkuperäisestä suunnitelmasta kannattaa tehdä kopio.

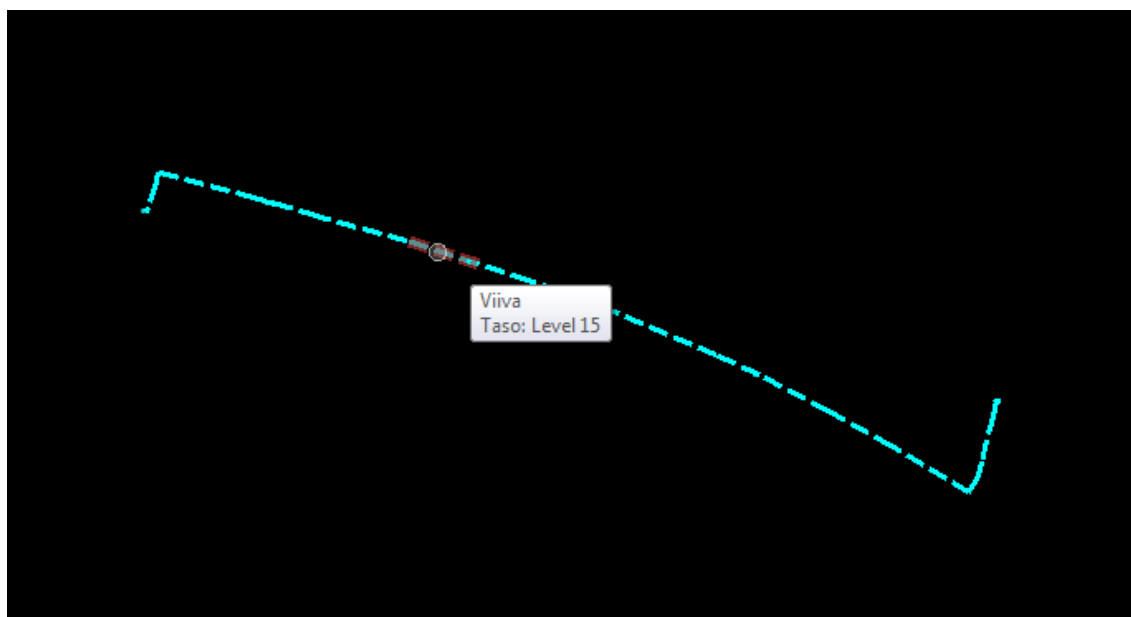
Kohta 13

Avaa MicroStationin tasonäyttö painamalla **Ctrl+E** ja jätä ainoastaan käsiteltävä elementti näkyviin. Elementin tason suunnitelmassa näet viemällä hiiren kursorin käsiteltävän elementin päälle.



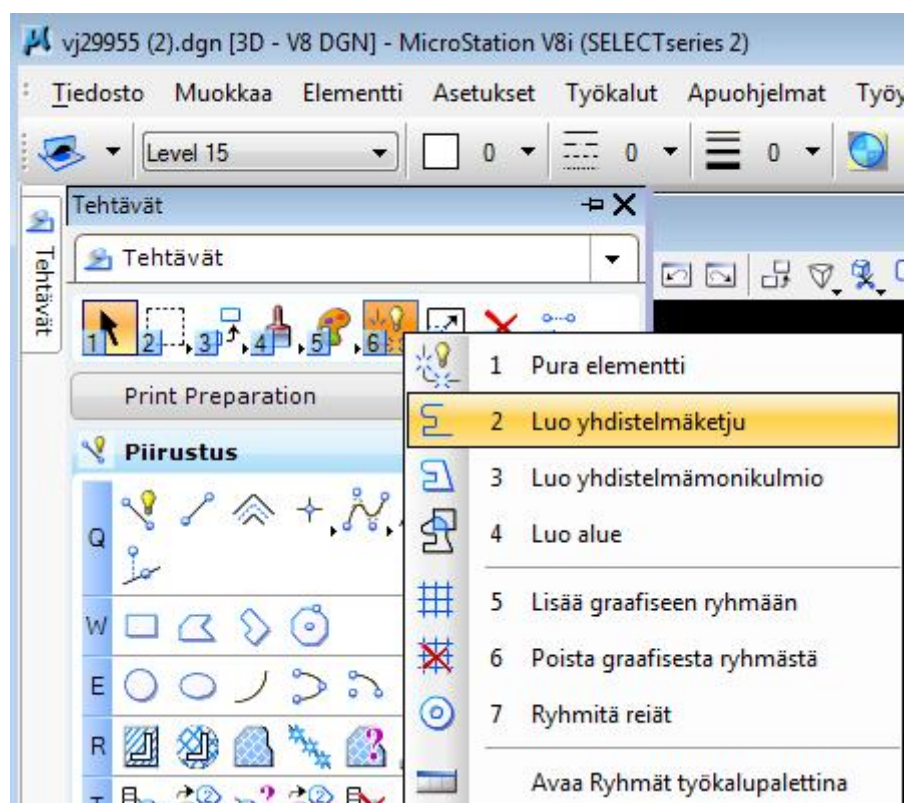
Kun haluttu elementti näkyy ainoastaan kuvalla, sitä voidaan alkaa muokkaamaan. Tässä tapauksessa muokattava elementti on vesijohto tasolla 15.

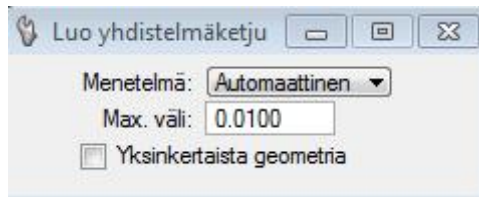
Kuljettamalla hiiren kursoria elementin päällä muuttuvat pienet pätkät vesijohtoa hetkitäin punareunaisiksi. Elementti muodostuu siis useista eri osista eikä ole yhtenäinen. Nämä osat pitää yhdistää yhdeksi elementiksi, jotta linjan luominen on mahdollista.



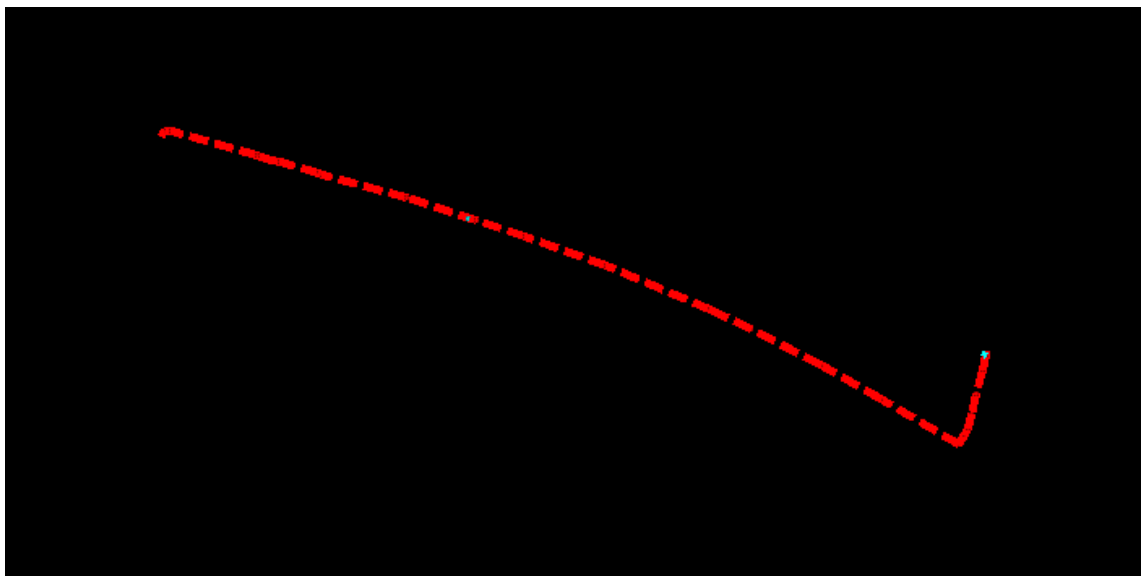
Kohta 14

Avaa **Luo yhdistelmäketju** -työkalu MicroStationista:





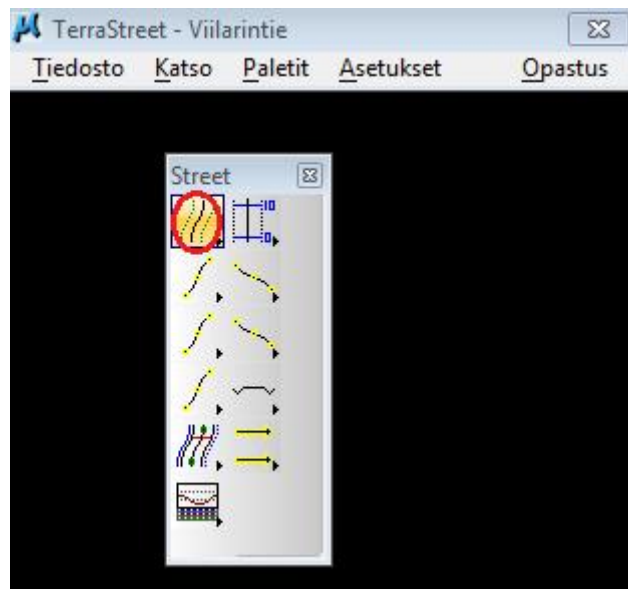
Muuta **Menetelmäksi** automaattinen ja anna ketjutuksen maksimiväli esimerkiksi 1 cm. Klikkaa elementin toista päätä hiiren dat-näppäimellä, klikattu kohta muuttuu punaiseksi. Tämän jälkeen paina dat-näppäintä kuvalla monta kertaa, kunnes koko käsiteltävä elementti on väriltään punainen:



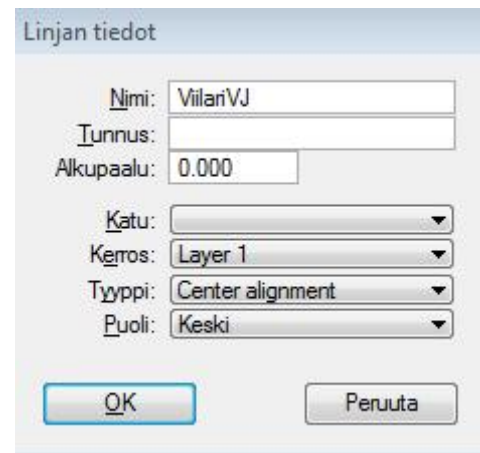
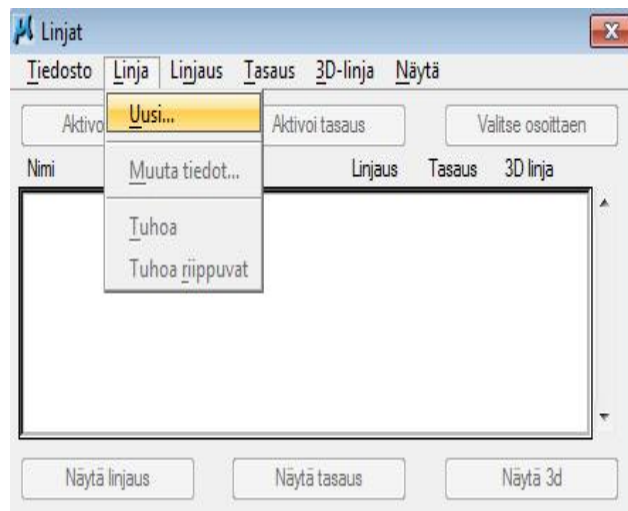
Kun elementti on ketjutettu, hyväksy ketjutus painamalla dat-näppäintä kahdesti. Kun nyt viet cursorin mihin tahansa kohtaa elementillä, pitäisi koko elementin muuttua aktiiviseksi eli punaiseksi.

Kohta 15

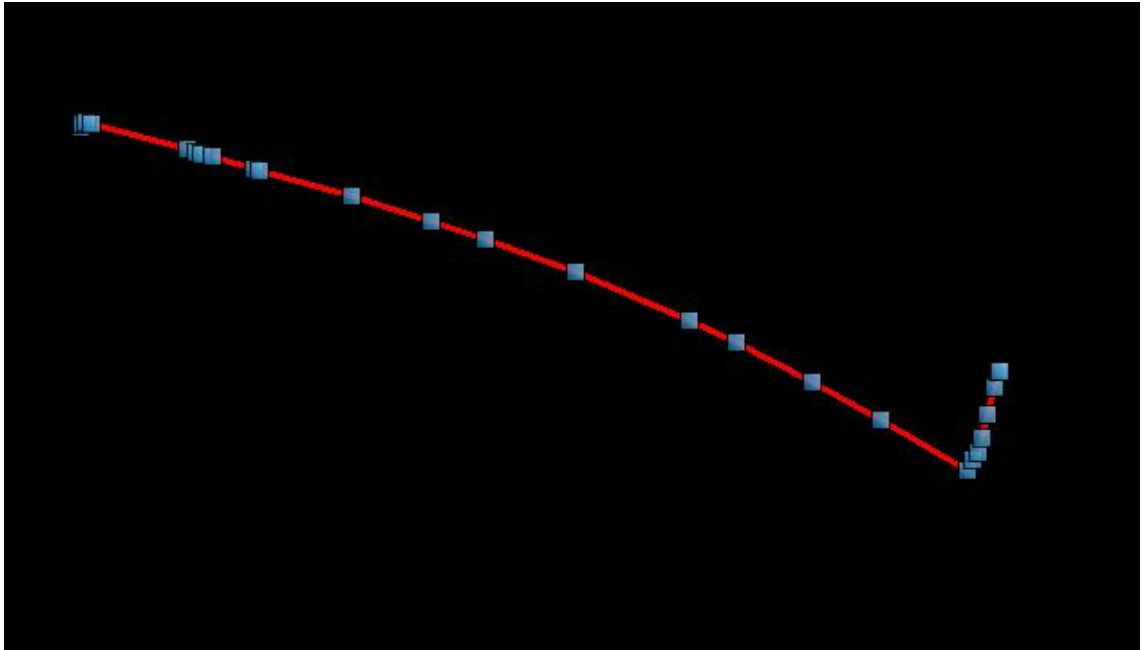
Avaa TerraStreetin **Linjat** -työkalu:



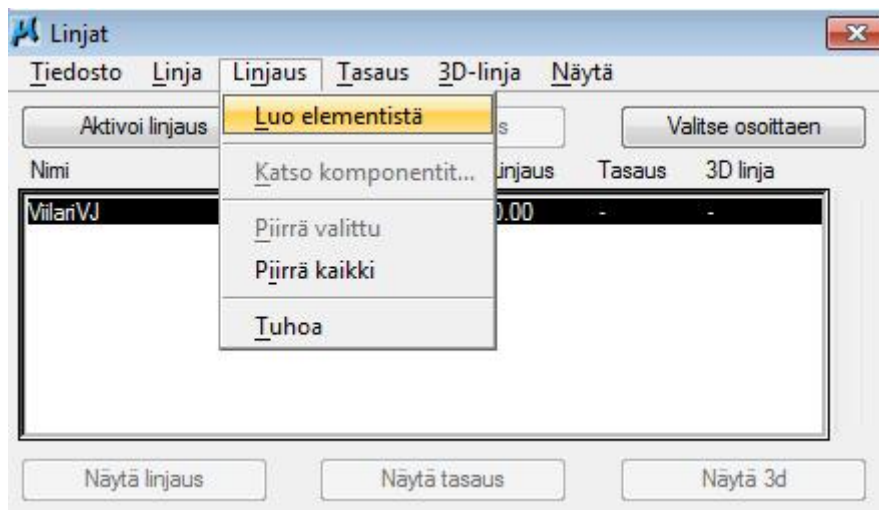
Luo **Uusi** linja ja nimeä se:



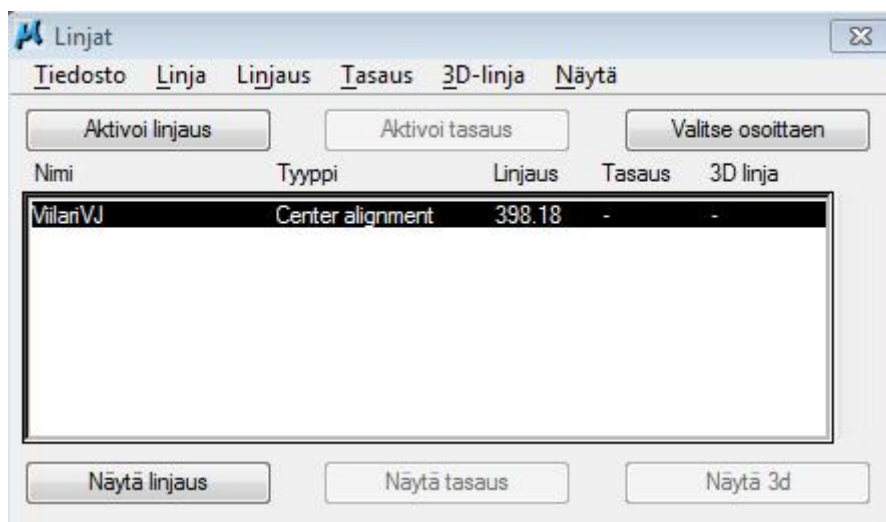
Uusi linja ilmestyy **Linjat** -ikkunaan, mutta vain nimenä, joten itse linja on vielä luotava. Klikkaa ketjutettu vesijohtoelementti aktiiviseksi, jolloin elementin väri muuttuu punaiseksi ja taitekohtiin ilmestyy sinisiä neliöitä:



Tämän jälkeen valitse TerraStreetin **Linjat** työkalusta **Linjaus** ja **Luo elementistä** -toiminto:



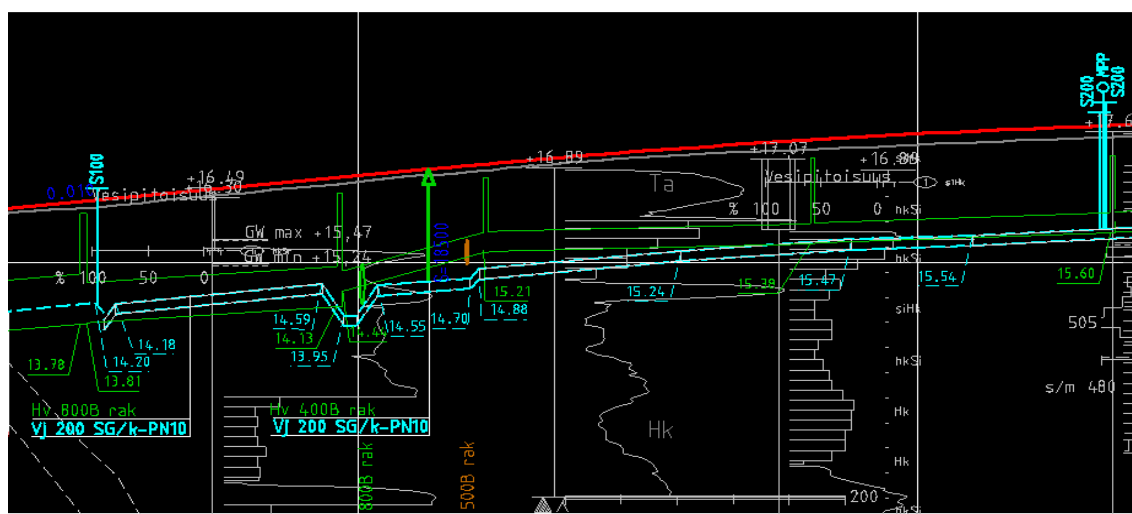
Kohtaan **Linjat** ilmestyy nyt linjan pituus ja luotu linja vaihtaa tasoa ennalta määrättyjen asetusten mukaan, tässä tapauksessa tasolle 7. Alkuperäistä vesijohtoelementtiä ei enää ole.



Linjalle **ViilariVJ** on nyt luotu vaakageometria, ja se on pohjasuunnitelman mukaisessa xy -koordinaatistossa.

Kohta 16

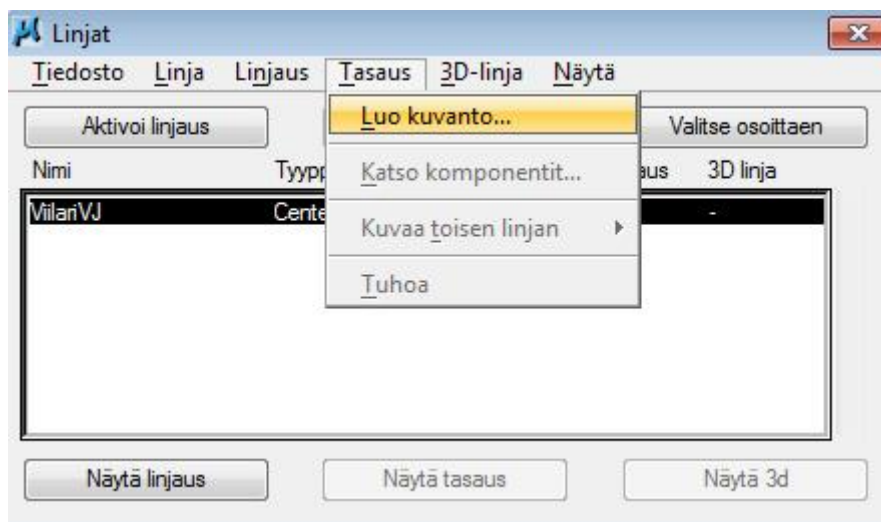
Valitse suunnitelmasta kaikki tasot päälle ja etsi kuvasta pituusleikkausesitys. (Tasonäyttö, kohta 13)



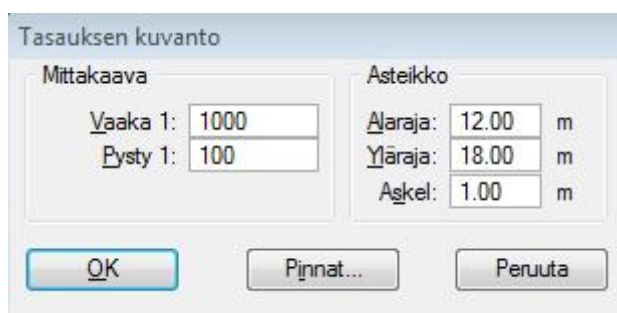
Pituusleikkauksesta nähdään vesijohdon laen korkeudet, joita tarvitaan linjan pystygeometrian luomiseen. Pituusleikkauksesta nähdään myös suunnitelman paaluluvut, joiden avulla sidotaan kohdissa 14 ja 15 luotu linja suunnitelmaan.

Kohta 17

Luo tasausta varten kuvanto. Avaa TerraStreetin linjat työkalusta **Tasaus** ja valitse **Luo kuvanto**:

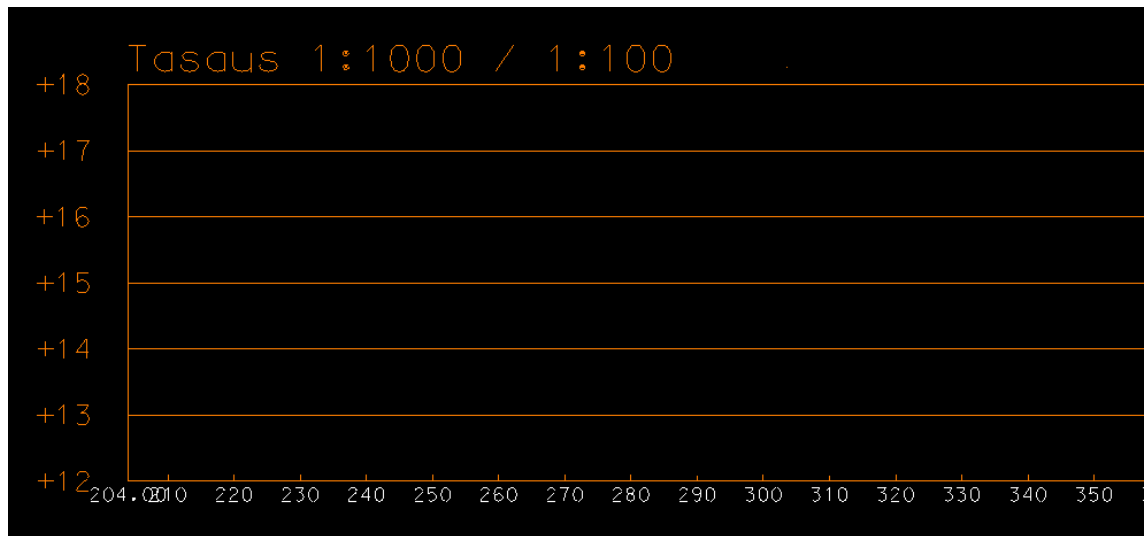


Syötä kuvantoon pituusleikkauksessa olevan vesijohdon alin ja ylin korkeuslukema sekä askel. Askel määrittää korkeuslukemien välisen eron.



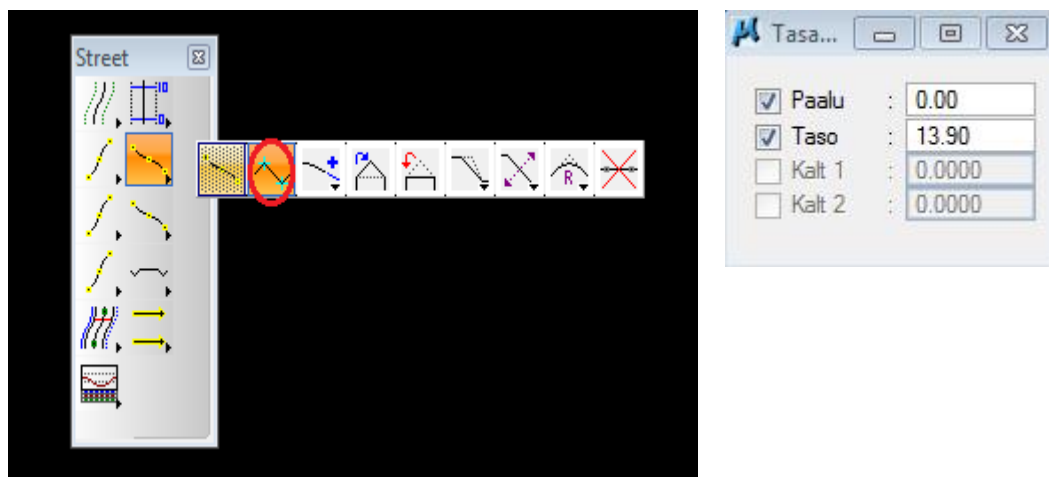
Paina OK ja sijoita kuvanto tyhjään kohtaan suunnitelmassa, ei siis kuvassa olevien elementtien päälle.

Näkyviin tulee seuraavaa:



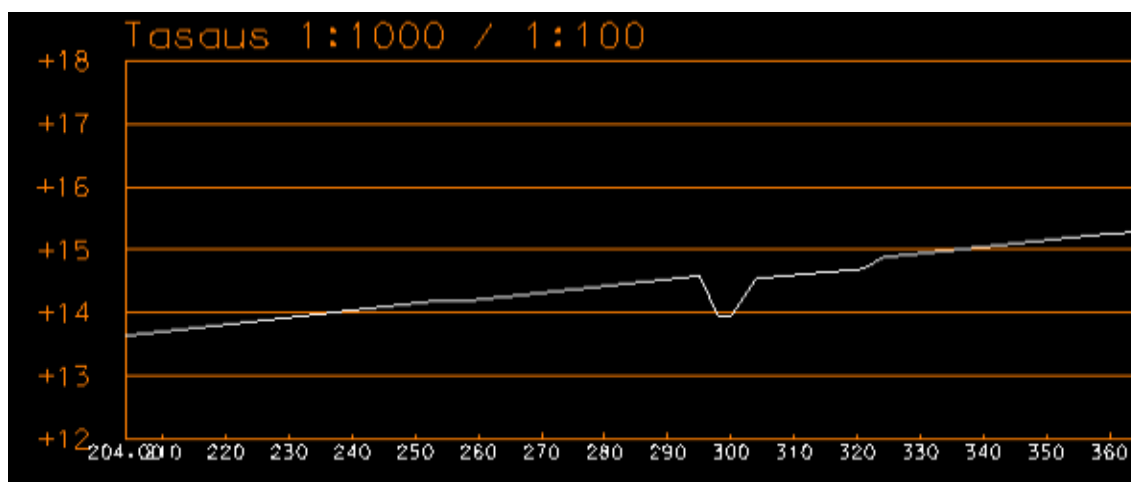
Kohta 18

Valitse TerraStreetin työkaluista **Syötä tasaukseen murtoviiva** -komento:

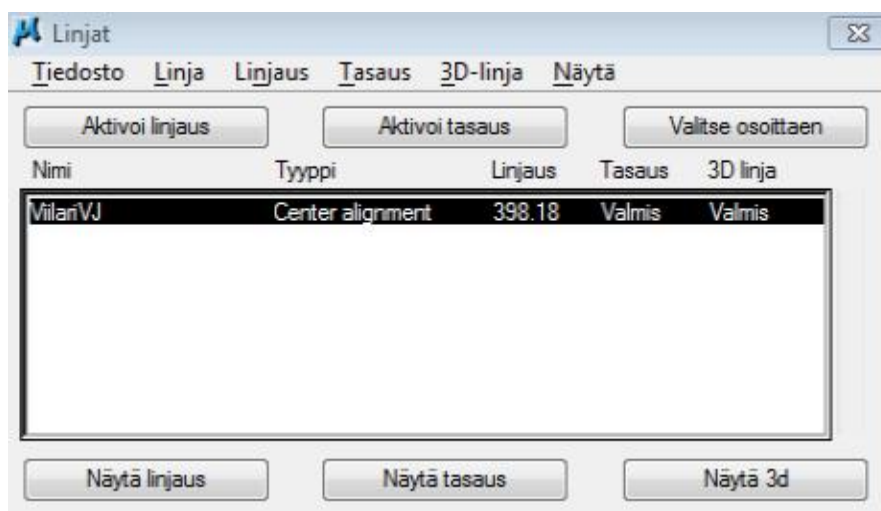


Näkyviin tulee **Tasauspisteen osoitus** -työkalu, johon näppäillään kohdissa 14 ja 15 tehdyn linjan paalulukuja ja sitä vastaavaan suunnitelman paalutuksen mukaisia vesijohdon laen korkeuksia. Käytännössä kaikki vesijohdon taitekohdat, joissa korkeus muuttuu, tulee poimia tasaukseen.

Tasauspisteen osoitus työkalussa pitää olla merkit kohtien paalu -sekä taso kohdis-
sa. Kuvanto pitää myös aktivoida ennen paalulukujen ja korkeuksien syöttämistä, tup-
laklikkaamalla dat-näppäintä kuvannon päällä. Syötä kaikki paaluluvut korkeuksineen
yksi kerrallaan välissä hyväksyen aina syöttö painamalla dat-näppäintä kuvannon pääl-
lä. Kun kaikki luvut on syötetty paina reset. Valmiin kuvannon pitäisi näyttää muodol-
taan täysin samalta kuin pituusleikkauskuvan mukainen vesijohto:

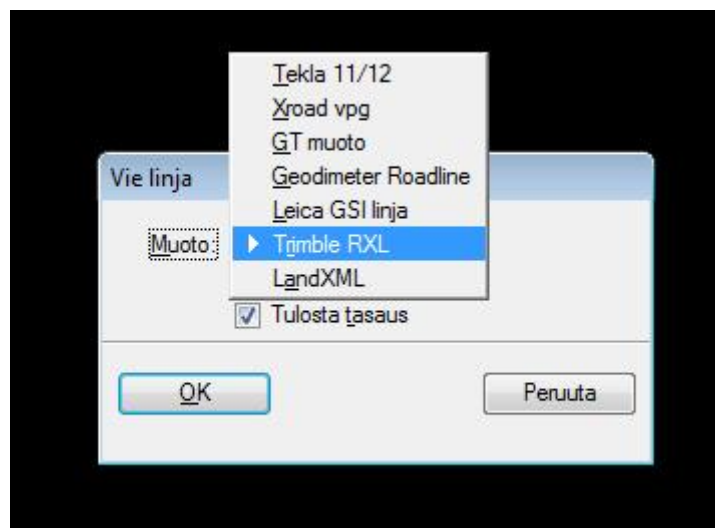
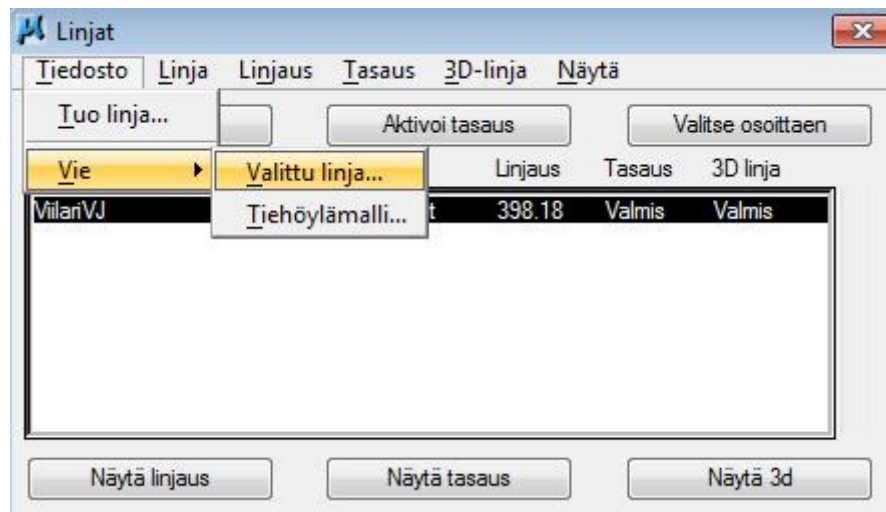


Linjat -ikkunassa kohtaan **Tasaus** tulee teksti **Valmis**. Tämän jälkeen valitse TerraSt-
reet työkalupalkista **Katso** ja **3D-linjat** ja paina hiiren dat-näppäintä kuvannon päällä.
Tasaus ja 3D-linja ovat nyt valmiit:



Tällä tavoin voidaan tehdä 3D-linjoja useista suunnitelmissa olevista elementeistä: ve-
sijohdosta (kuten yllä), tien keskilinoista, reunakivilinoista ja jalkakäytävistä. Tämä

Työkalu paaluttaa kuvaan pysty- ja vaakataitteet. Linjan voi nyt viedä halutussa formaatissa mittalaitteeseen ja kuvan tulostaa maastoon merkintää varten:

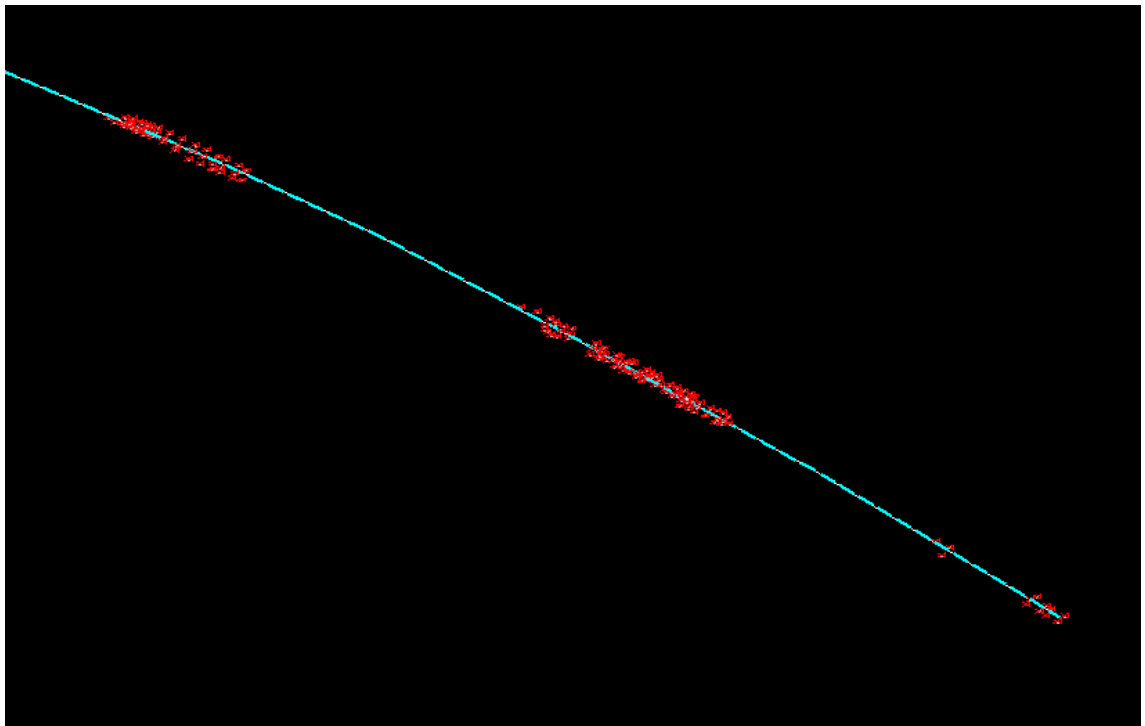


Kohta 20

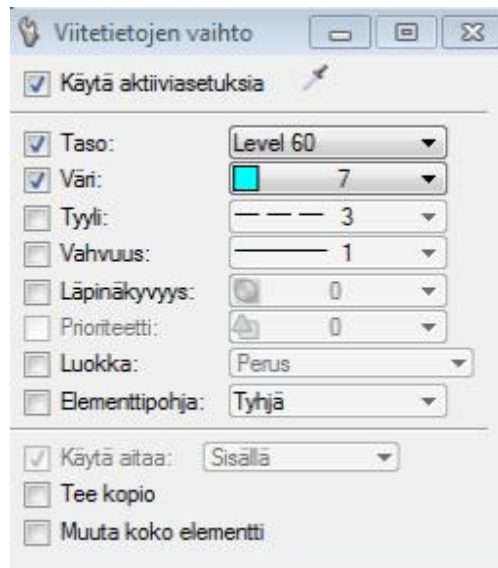
Tilavuuden laskennan alustus:

Avaa kalliokartoituskuva ja kiinnitä siihen referenssiksi vesijohtosuunnitelma:

MicroStation→työkalut→referenssit→työkalut→kiinnitä haluttu suunnitelma. Jätä suunnitelmakuvasta jälleen vain taso 15 (vesijohto) päälle ja tarkastele, missä kohtaa rakennettavaa vesijohtoa louhittavaa kalliota on. Vesijohto näkyy sinisenä ja kalliopisteet punaisina:

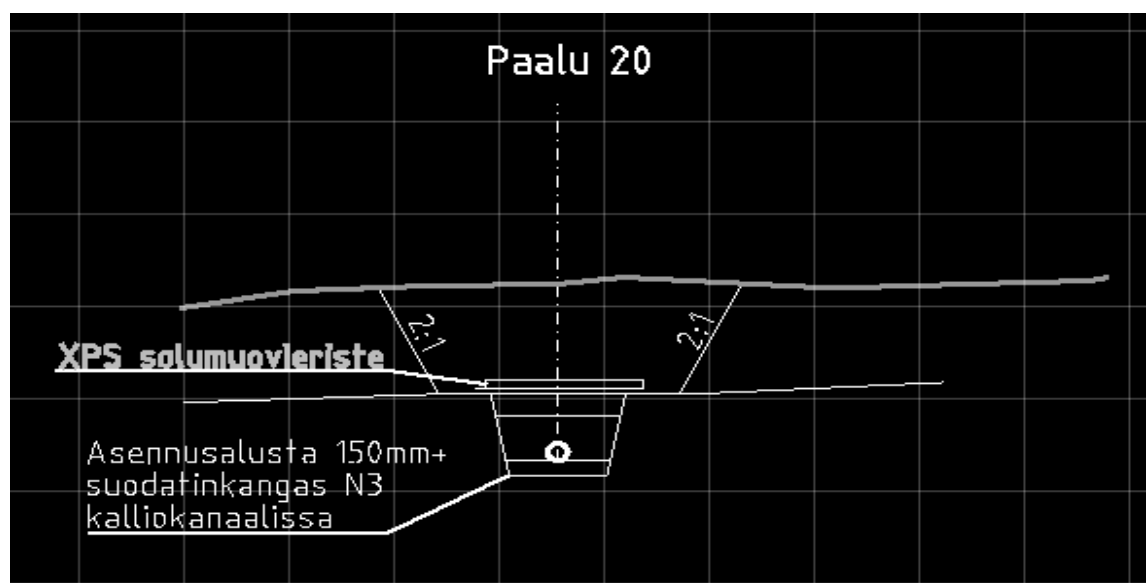


Tasojen hallinta on hyvin tärkeää, pitää tietää, mitä kullakin tasolla on ja tarvittaessa muuttaa niitä. Kalliopisteiden, vesijohdosta tehdyn 3D-linjan, tehtävien kanaalien sekä uusien pintamallien, tulee kunkin olla omalla tasollaan. Muuttaminen tapahtuu MicroStationin **Muuta elementin ominaisuuksia** -työkalulla:



Kohta 21

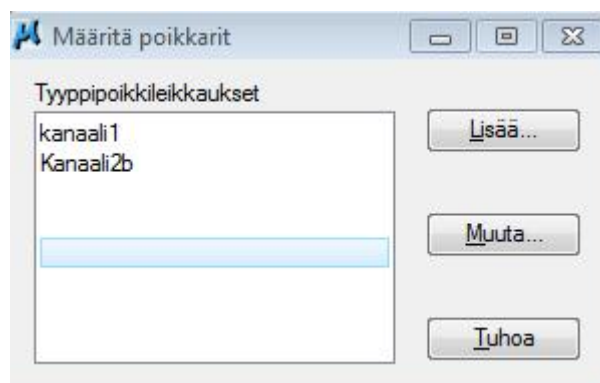
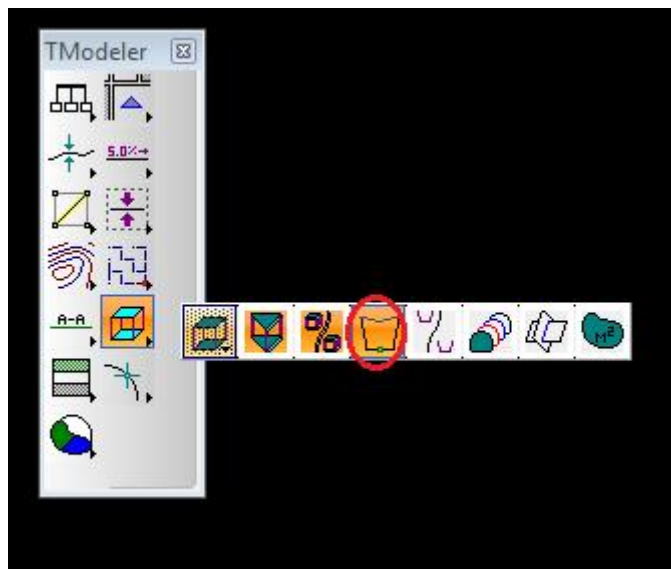
Etsi referenssinä olevasta suunnitelmasta vesijohdon tyyppipoikkileikkaus:



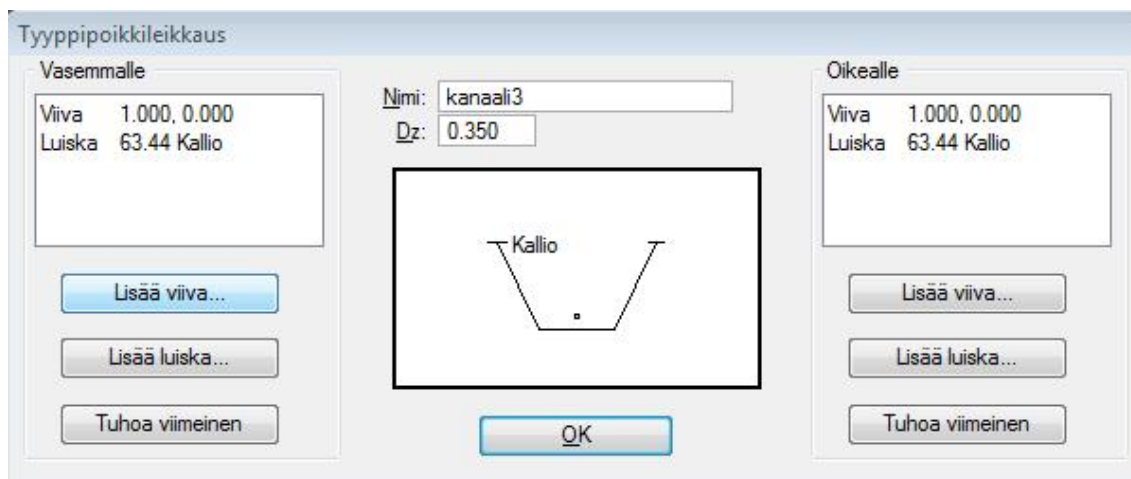
Tyypipoikkileikkauksesta nähdään vesijohtoa varten tehtävän kanaalin mitat ja suhdeluvut, tässä tapauksessa 2:1, sekä asennusalustan vahvuus, joka tulee ottaa vesijohdon halkaisijan kanssa huomioon tilavuutta laskettaessa.

Kohta 22

Luo tilavuuden laskentaa varten oma tyypipoikkileikkaus TerraModelerin **Määritä poikkarit** -työkalulla:



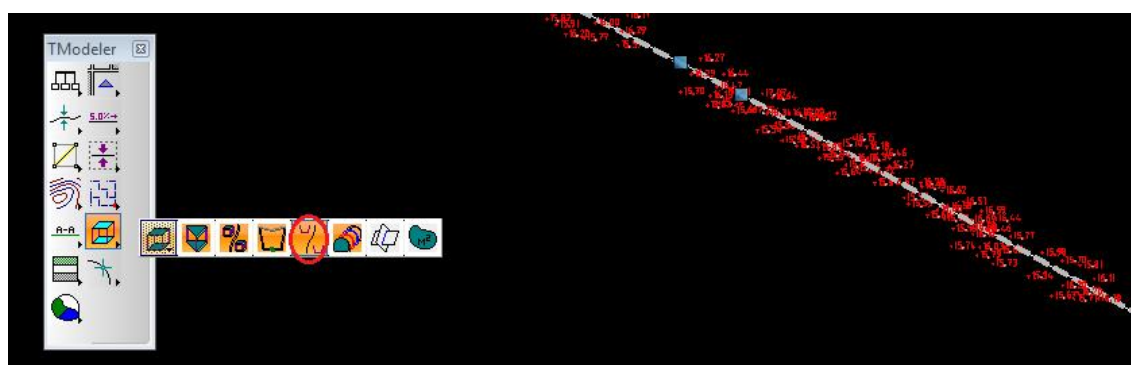
Lisää uusi tyypipoikkileikkaus:



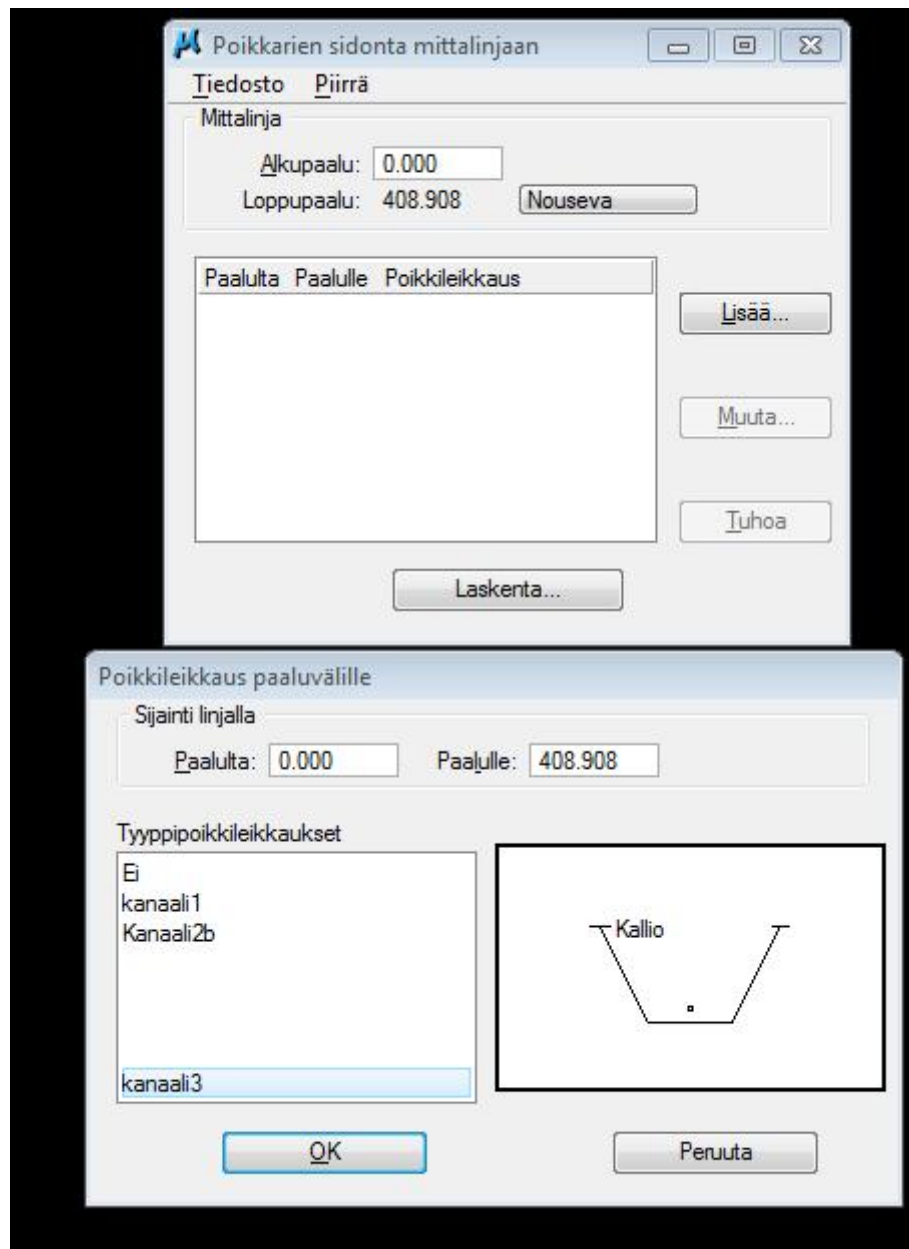
Nimeä uusi poikkileikkaus, **kanaali3**, lisää viiva, 1 m, ja lisää luiska, 2:1, vasemmalle ja oikealle. Keskellä näkyvä piste on kohdissa 15–17 luotu vesijohdon 3D-linja, ja kanalin rajaava yläpinta, Kallio, on kohdissa 1–11 luotu kallion pintamalli. Katso suunnitelman tyypipoikkileikkauksesta vesijohdon putken vahvuus sekä asennuslujituksen koko, ja syötä niiden yhteenlaskettu paksuus, 0.35 m, **Dz**-kohtaan. Tämä laskee nyt luodun kanalin alapintaa vesijohdon 3D-elementtiä 0.35 m alemmas, joka on todellinen louhintasyvyys.

Kohta 23

Laske seuraavaksi poikkileikkauksen massat TerraModelerin **Laske poikkarimassat** -työkalulla. Klikkaa vesijohtoelementti aktiiviseksi ja avaa työkalu:

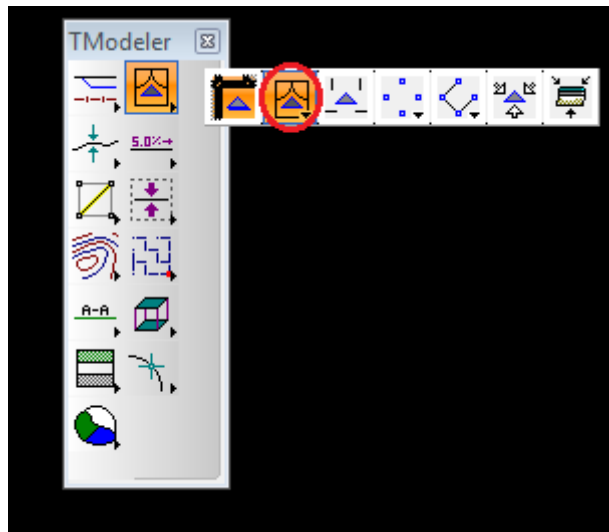


Avautuu **Poikkarien sidonta mittalinjaan** -näkymä. Paina **Lisää**:



Valitse tehty poikkileikkaus, **kanaali3**, syötä vesijohtolinjan loppupaalu ja paina **OK** ja **Laskenta**. **Laske linjamassat** -ikkuna avautuu. Katso, että **Yläpintana** on **Kallio** ja muuta kohtaan **Piirrä, pysyvästi** ja paina **Laske**.

Vesijohdon ympärille piirretty juuri muodostettu **kanaali3**. Siirrä tämä elementti yksin omalle tasolleen ja ota muut tasot pois päältä. Valitse TerraModelerista **Kolmioi näkymä** -työkalu:



Tämä kolmioi tehdyn kanaalin ja tekee siitä pintamallin. Nyt käytössä on siis pintamalli kalliosta sekä pintamalli vesijohdon korkeustasoa myötäilevästä kanaalista. Juuri näiden kahden pinnan välinen tilavuus halutaan selvittää.

Kohta 24

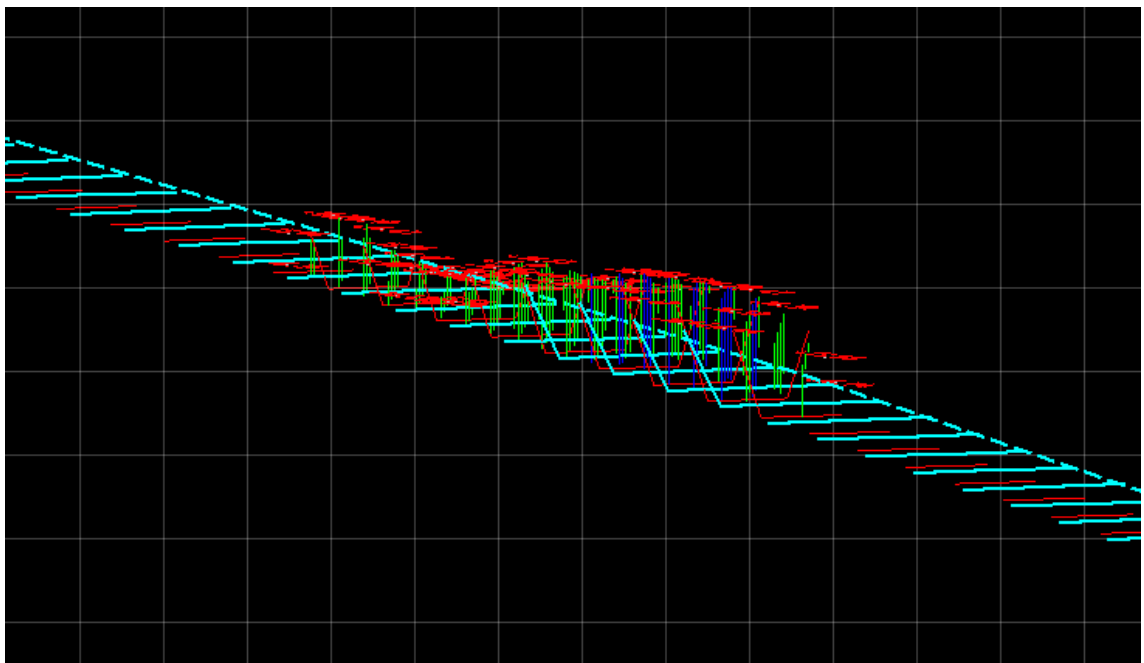
Tilavuuden laskenta. Valitse TerraModelerin työkaluista **Laske massat**.



Avautuu **Laske massat** -ikkuna:

Valitse **Lähtöpinnaksi** Kallio ja Tavoitepinnaksi kanaali. Laita kohtaan **Pintakaivuuraaja** 1 m, jotta eri tavalla hinnoiteltava neliölouhinta saadaan myös selville. Neliölouhintaa ovat kaikki alle metrin syvyiset louhinnat. Tulokset voi piirtää suoraan kuvalle sekä tulostaa erilliseksi lomakkeeksi tekstitiedostona.

Lopputulos kuvalla:



Yhteenveto

Tilavuuden laskennassa on kyse pintojen välisestä etäisyydestä ja suhteesta toisiinsa. Oli kyseessä sitten vesijohtoa tai kätua varten tehtävästä louhinnasta, peruseriaate on aina sama. Luo pinta kalliosta ja määritä tarvittaville suunnitelman elementeille suunnitelman mukainen korkeus, jonka avulla saat muodostettua kaivannolle pinnan.

Tilavuuden laskentaan tarvitset TerraSurveyin, TerraModelerin ja TerraStreetin työkaluja sekä hyvää suunnitelmien tulkintataitua.

